

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
MAESTRÍA SISTEMAS SOSTENIBLES DE SALUD PRODUCCIÓN  
ANIMAL TROPICAL

**EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES DE *Brachiaria*  
*spp*, BAJO METODOS DE PASTOREO ROTACIONAL,  
EN SABANAS DEL PIEDEMONTE DEL MUNICIPIO DE  
TAME – ARAUCA**

**JHON FREDY LAITON MEDINA**

**Villavicencio, Meta - Colombia  
MAYO 2019**

**Evaluación de tres especies de *Brachiaria spp*, bajo  
métodos de pastoreo rotacional, en sabanas del  
piedemonte del municipio de Tame – Arauca**

**JHON FREDY LAITON MEDINA**

Tesis presentada como requisito parcial  
para la obtención del título de Magister  
en Sistemas Sostenibles de Salud  
Producción Animal Tropical

**Orientador: Víctor Libardo Hurtado Nery. MVZ. Esp. MSc. Ph.D.**

**Coorientador: Jairo Enrique Granados Moreno. I.Q. MSc.**

**Villavicencio, Meta - Colombia**

**MAYO 2019**

**Evaluación de tres especies de *Brachiaria spp*, bajo  
métodos de pastoreo rotacional, en sabanas del  
piedemonte del municipio de Tame – Arauca**

**JHON FREDY LAITON MEDINA**

Tesis presentada como requisito parcial  
para la obtención del título de Magister  
en Sistemas Sostenibles de Salud  
Producción Animal Tropical

Aprobada en 9/10/2019

Comisión examinadora:

---

Profesor. Álvaro Rincón Castillo I.A Ph.D – Corporación Colombiana de  
investigación agropecuaria AGROSAVIA.

---

Profesor. José Edwin Mojica Rodríguez MVZ. MSc. Ph.D. – Corporación  
Colombiana de investigación agropecuaria AGROSAVIA.

---

Profesor. Víctor Libardo Hurtado Nery MVZ. Esp. MSc. Ph.D – Universidad de los  
Llanos

Orientador

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser el dueño de la vida, y permitir superarme cada día como persona.

A mis padres, por todo el esfuerzo y dedicación que hacen, para mi formación personal y profesional.

A mis hermanos, porque soy el ejemplo a seguir de ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, porque siempre me guía y me regala de sus bendiciones.

A la Universidad de los Llanos y programa de maestría en SSSPAT, por la aceptación, formación profesional, conocimientos brindados y darme el orgullo de ser Unillanista.

A mis padres, que creyeron en mí y nunca me dejaron de apoyar.

A mis orientadores, Doctor. Víctor Hurtado Nery, por su apoyo, y sus palabras de ánimo que me sirvieron para decidirme a realizar este trabajo, al Ingeniero. Jairo Granados, por sus conocimientos técnicos y dedicación.

A los profesores Agustín Góngora y Jorge Luis Parra, sin ellos no hubiera podido llevar acabo mi trabajo de tesis, gracias por sus consejos, acertadas orientaciones científicas y constante exigencias.

A mis compañeros de maestría Dr. Cesar Navarro y Dra. Diana Carolina Suarez, por su motivación e incondicional apoyo.

## BIOGRAFÍA

El Médico Veterinario y Zootecnista Jhon Fredy Laiton Medina, Nació el 10 de mayo de 1993, obtuvo título profesional de Médico Veterinario Zootecnista en la Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, el 26 de junio de 2015, desde entonces se vinculó como estudiante al programa de maestría en sistemas sostenibles de salud y producción animal tropical de la Unillanos, el área de interés y mejor desempeño en la profesión, como es la producción bovina y reproducción en grandes animales, el primer trabajo como profesional fue brindado por la Universidad de los Llanos, como apoyo a trabajos del grupo de investigación GIRGA, dirigido por el admirado docente Agustín Góngora. Se ha desempeñado como profesional del campo en asistencia técnica, biotecnología de la reproducción equina y bovina, coordinador en el año 2017 del proyecto plan Arauca, ganadería sostenible, en el establecimiento de sistemas silvopastoriles en el área de amortiguación del Parque Nacional Natural el Cocuy, actualmente vinculado como Médico Veterinario de la Federación Colombiana de Coleo, en la dirección del proyecto libreta sanitaria equina, en el departamento de Arauca, además acompaña sus labores con investigación en el campo de producción bovina y sanidad equina, junto con el reconocido Dr. Jorge Luis Parra excelente profesional. Lugar de residencia en la actualidad es el Municipio de Tame – Arauca, Colombia, para contacto escribir al correo: [Jhon.laiton@unillanos.edu.co](mailto:Jhon.laiton@unillanos.edu.co).

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar zootécnicamente tres métodos de pastoreo rotacional, con especies de gramíneas del género *brachiaria*, *B. humidicola*, *B. brizantha* cv. marandú y *B. decumbens*, en época de lluvia, en las sabanas del piedemonte, del municipio de Tame – Arauca, Colombia. Se utilizaron 75 bovinos machos enteros, de raza cebú comercial distribuidos en un diseño experimental completamente al azar en los tres métodos de pastoreo, con 25 unidades experimentales cada uno, los pastos no recibieron fertilización ni riego. El método de pastoreo en *B. decumbens* mostró ganancia diaria de peso de 783,7 g.día<sup>-1</sup>, *B. brizantha* cv. marandú 660,3 g.día<sup>-1</sup> y *B. humidicola* 643,4 g.día<sup>-1</sup>, pero no hubo diferencias estadísticas significativas ( $p>0,05$ ). En la evaluación de producción y calidad nutritiva del forraje, en cada método de pastoreo se midió la disponibilidad de forraje, materia seca, proteína cruda, fibra en detergente neutra, fibra en detergente ácido, hemicelulosa, cenizas, calcio, fósforo y magnesio, presentando diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,001$ ) entre método de pastoreo, en excepción el contenido de hemicelulosa que fue similar. La dinámica microbiana del suelo, mediante la actividad de la enzima ureasa no mostró diferencia entre métodos de pastoreo, pero sí entre periodos de muestreo con intervalos de 40 días, periodo1: 41,1  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , periodo2: 27,9  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , periodo3: 7  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ . Las variables del componente producción y calidad de forraje que presentaron alta correlación con ganancia de peso diaria fueron; disponibilidad de forraje  $r=0,78$ , porcentaje de proteína  $r=0,71$ , fibra en detergente neutra  $r=0,88$  y los minerales Ca, P y Mg,  $r=0,71$ ,  $r=0,95$  y  $r=0,88$  respectivamente. Ninguna variable en suelo presentó asociación con la ganancia diaria de peso, actividad ureasa  $r=0,01$ .

**Palabras clave:** Actividad ureasa, bovinos en pastoreo, calidad nutricional de forrajes, ganancia de peso.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to zootechnically evaluate three methods of rotational grazing, with species of grasses of the genus *brachiaria*, *B. humidicola*, *B. brizantha* cv. marandú and *B. decumbens*, in rainy season, in the foothills of the piedmont, in the municipality of Tame - Arauca, Colombia. A total of 75 commercial male zebu bovines were used distributed in a completely randomized experimental design in the three grazing methods, with 25 experimental units each, the pastures did not receive fertilization or irrigation. The grazing method in *B. decumbens* showed daily weight gain of 783.7 g.day<sup>-1</sup>, *B. brizantha* cv. marandu 660.3 g.day<sup>-1</sup> and *B. humidicola* 643.4 g.day<sup>-1</sup>, but there were no significant statistical differences ( $p > 0.05$ ). In the evaluation of forage production and nutritional quality, in each grazing method the availability of forage, dry matter, crude protein, fiber in neutral detergent, fiber in acid detergent, hemicellulose, ash, calcium, phosphorus and magnesium was measured, presenting statistically significant differences ( $p < 0.001$ ) between grazing method, except for the hemicellulose content that was similar. The microbial dynamics of the soil, through the activity of the urease enzyme showed no difference between grazing methods, but between sampling periods with intervals of 40 days, period1: 41.1  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , period2: 27.9  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , period 3: 7  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ . The variables of the production and forage quality component that presented high correlation with daily weight gain were; forage availability  $r=0.78$ , protein percentage  $r=0.71$ , fiber in neutral detergent  $r=0.88$  and minerals Ca, P and Mg,  $r=0.71$ ,  $r=0.95$  and  $r=0.88$  respectively. No variable in soil is associated with daily weight gain, urease activity  $r=0.01$ .

**Key-words:** Urease activity, cattle grazing, nutritional quality of forages, weight gain.



## INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Caracterización de los métodos de pastoreo	22
Tabla 2. Ganancia de peso por métodos de pastoreo	25
Tabla 3. Disponibilidad de forraje y porcentaje de materia seca por métodos de pastoreo	26
Tabla 4. Contenido de PC, FDN, FDA y HC por método de pastoreo.	26
Tabla 5. Componentes minerales en los forrajes	27
Tabla 6. Promedios de MO, CO, NT y actividad microbiana del suelo por métodos de pastoreo y periodos de muestreo.	28
Tabla 7. Balance económico de los métodos de pastoreo	29
Tabla 8. Correlaciones bivariadas de Pearson, entre ganancia de peso diaria de bovinos y variables de los componentes suelo y forraje.	30
Tabla 9. Variables independientes incluidas y excluidas por pasos, en el modelo de regresión lineal múltiple para ganancia de peso/día	31
Tabla 10. Resumen del modelo de regresión lineal múltiple para ganancia diaria de peso	31
Tabla 11. Análisis de varianza de modelos de regresión lineal múltiple, para ganancia de peso/día.	32

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Figura 1. Esquema del área del método de pastoreo uno	19
Figura 2. Esquema del área del método de pastoreo dos	20
Figura 3. Esquema del área del método de pastoreo tres	21
Figura 4. Deshidratador de forraje artesanal, basado en refracción de la luz solar por el vidrio.	23
Figura 5. Relación entre el porcentaje de materia seca y la ganancia diaria de peso	51
Figura 6. Relación entre la disponibilidad de forraje y la ganancia diaria de peso	51
Figura 7: Relación entre el contenido de Fosforo y la ganancia diaria de peso	52

## **TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>17</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>25</b>
<b>6. DISCUSIÓN</b>	<b>32</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>54</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>55</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de pastoreo rotacionales, son utilizados para contrarrestar los efectos no deseados del pastoreo selectivo del ganado, tanto en pastoreos de baja y alta carga, el ganado pastorea selectivamente parches de gramíneas. En potreros pequeños, con mayor densidad animal, la rotación permite poner límites al movimiento de los animales y determinar el lugar y la frecuencia de pastoreo, limitando potencialmente la selectividad y previniendo el pastoreo reiterado de plantas preferidas (Bailey y Brown, 2011).

Una de las principales causas de degradación de praderas en la Orinoquia colombiana es el sobrepastoreo de los bovinos, afectando el crecimiento o rebrote del pasto, debido a que la planta no dispone de un área foliar remanente, capaz de efectuar una fotosíntesis activa que le permita una adecuada conversión de la energía lumínica en biomasa (Rincón, 2006).

La actividad ganadera en Colombia y particularmente en los Llanos colombianos no es competitiva, debido, entre otras causas a la baja disponibilidad de forraje en los potreros, como consecuencia de la degradación de praderas, por tener suelos ácidos con altos contenidos de aluminio que impide a la planta aprovechar los macro y micro minerales del suelo. Este problema se manifiesta en forma más intensa en las praderas sembradas de *Brachiaria decumbens*, que cubre un poco más de 1.500.000 ha en la Orinoquia colombiana (Rincón *et al.*, 2012).

En las ganaderías del país y de países productores de carne bovina como Brasil, este problema ha aumentado desde la década de 1980, por mal manejo animal, prácticas culturales inadecuadas y falta de reposición de nutrientes, la degradación de praderas afecta entre 70% a 80% de las áreas cultivadas con pastos, con capacidad de carga de 0,6 - 1 animal/ha, con gramíneas introducidas y 0,3 cabezas/ha con praderas nativas (Flórez *et al.*, 2012).

La principal fuente de nutrientes en los sistemas de producción de bovinos para carne son los pastos, siendo las gramíneas del género *Brachiaria ssp*, las más utilizadas en los llanos orientales. Para mejorar las condiciones antes expuestas, el

pastoreo rotacional se constituye en un método eficaz para el rescate de la sostenibilidad de la producción ganadera (Sorio, 2012).

Con este sistema se logran altos niveles de producción animal, carga animal de 2,8 U.A/ha, ganancia diaria de peso de 630 g/día, con forraje de calidad, y adecuado manejo de las praderas. El pastoreo rotacional, se fundamenta en la rotación dirigida y estratégica de las praderas maximizando la producción de biomasa, el reciclaje de nutrientes, disminuyendo desperdicios y mejorando los indicadores productivos y reproductivos, lo que redunde en mayor producción por hectárea y mejores ingresos para el productor (Reina *et al.*, 2012).

Los suelos de los Llanos Orientales son ácidos y pobres en materia orgánica, con capacidad de carga inferior a un animal/ha, producción de carne menor a 500 g/animal/día, y productividad de carne de 180 kg/ha/año en sabanas nativas (Flórez y Rincón, 2013). Lo que hace indispensable implementar sistemas de pastoreo que permitan optimizar los pastos, dando descanso a las praderas, entendiendo la fisiología de las gramíneas y evitando la compactación del suelo por pisoteo y sobrepastoreo, mejorando así indicadores productivos en ganado de ceba e incrementando la oferta de carne en el mercado nacional, y mercados internacionales.

El suelo es un recurso no renovable a escala humana, designado para la producción de alimentos, el balance global y el funcionamiento de los ecosistemas (Doran y Zeiss, 2000). La introducción del ganado vacuno ha modificado la estructura de la vegetación de pradera, provocando cambios en los balances de energía regional y global. Poco se sabe sobre cómo esta perturbación ha afectado la estructura de las comunidades microbianas del suelo, a pesar de que los procesos mediados por ellas son esenciales para la productividad y estabilidad de los ecosistemas (Bajsa, 2008).

Por otro lado las actividades enzimáticas del suelo son sensores del estatus microbiano y condiciones físico-químicas del suelo (Baum *et al.*, 2003). En praderas pastoreadas la biomasa microbiana del suelo y su actividad pueden ser estimuladas

por la cantidad de carbono disponible en el suelo, esto dependerá, a su vez, de la incorporación de la excreta animal y de la superficie o cobertura a ocupar por la deposición (Núñez *et al.*, 2012).

El análisis económico muestra el monto de los recursos utilizados en el proceso productivo y los resultados obtenidos en términos de ingresos, y los egresos de la finca para la obtención de la utilidad durante un lapso de tiempo determinado. En la práctica, el análisis se basa en la elaboración del estado de ganancias e inversión, para conocer la utilidad del ejercicio y la obtención de la rentabilidad (González, 2018)

En la región existen tipos de pastoreo, que afectan la fisiología de la planta, con altos días de ocupación e insuficientes de recuperación. Debido a la falta de información sobre las bondades de los métodos de pastoreo rotacionales en el Municipio de Tame- Arauca, y como modelo de referencia para productores de la región, se realizó este trabajo, con el objetivo de evaluar zootécnica y económicamente tres métodos de pastoreo rotacional, en praderas de *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandú y *Brachiaria decumbens*.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

- Evaluar tres especies de *brachiaria* spp bajo pastoreo rotacional, en sabanas del piedemonte del municipio de Tame – Arauca.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Evaluar la ganancia de peso g/día de bovinos cebú comercial en tres métodos de pastoreo rotacional con *Brachiaria humidicola*; *Brachiaria brizantha* cv. Marandú; *Brachiaria decumbens*.

- Analizar la dinámica microbiana del suelo durante el periodo de ocupación en los tres métodos de pastoreo rotacional.
- Realizar análisis económico de los diferentes métodos de pastoreo.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009), el ganado bovino representa el 40 % del valor mundial de la producción agrícola y es la base de los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de mil millones de personas aproximadamente. Además, el ganado bovino aporta el 15 % de la energía alimentaria total y el 25 % de las proteínas de la dieta, en 14 países. El 60 % de los hogares rurales tienen ganado bovino, actividad agropecuaria que aún no satisface la demanda creciente de proteína en la dieta para la humanidad.

La dinámica mundial de la producción y comercialización de la carne de bovino está influenciada, por el contexto macroeconómico, el crecimiento de la población y su localización, las políticas de apoyo de cada país y las negociaciones internacionales (Echávarri, 2013).

Según la FAO, (2009) los principales productores de carne bovina del mundo son EE.UU, con 20%, Brasil con un 16%, la Unión Europea U.E con 13%, China 10 %, India 6 %, Argentina 5 % y otros países 30%.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2012), muestra los países con mayor producción de carne con hueso en toneladas, en primer lugar, EE UU, con 11,84 Mt; Brasil con 9,30 Mt; U.E con 7,70 Mt; China con 5,54 Mt; India con 3,45 Mt; y Argentina 2,62 Mt.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura OCDE-

(FAO, 2014), la producción mundial de carne aumentará 19% (57,7 millones de toneladas) en 2023, comparado con el período base.

De ese aumento, el 78% (45,1 millones de toneladas) corresponde a los países en desarrollo siendo Asia, América Latina, el Caribe, América del Norte y África los que más contribuyen al aumento de la producción.

China sigue siendo el mayor productor, con 15,3 millones de toneladas, seguido por Estados Unidos con 6 millones de toneladas y Brasil con 4,5 millones de toneladas.

Los países productores de carne, de más rápido crecimiento son Argentina (30%), Rusia (28%), Indonesia (47%) y Vietnam (39%). De los 57,7 Millones de toneladas de producción adicional de carne proyectados en 2023. 28,3 Mt son de carne de aves. 16,7 Mt de carne de cerdo. 9 Mt de bovino y 3,8 Mt de ovino (Boari *et al.*, 2016).

La FAO (2014) indica que, la disponibilidad de ganado para faena ha crecido en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

La producción de Brasil, se espera que llegue a 9,5 millones de toneladas, como consecuencia de las buenas condiciones de las praderas, las mejoras en la gestión a nivel de la industria y la fuerte demanda internacional (Echávarri, 2013).

Colombia es uno de los países en desarrollo llamado a producir carne bovina para mercados internacionales, por tal motivo todos los ganaderos y profesionales del campo, deben destacar la importancia de la producción de carne de calidad e inocua, bajo buenas prácticas ganaderas y optimización del uso de los recursos naturales, Colombia, produjo 935.000 Toneladas de carne bovina en el 2018, (FEDÉGAN).

El hato bovino colombiano está constituido por 12.516.695 de hembras, 3.921.047 de teneros y 6.155.541 machos, para un total de 22.593.283 cabezas, distribuidas en 497.008 explotaciones ganaderas en todo el territorio nacional. Siendo Antioquia, Casanare, Cesar, Córdoba, Meta y Santander los departamentos donde se concentra la mayor parte del hato. El municipio con mayor número de bovinos es San Vicente del Caguán con 600.567, seguido de los municipios de Paz de Ariporo con 469.000,



Montería con 389.569, Arauca con 290.000 y Cimitarra con 288.138. (FEDÉGAN, 2014).

En la distribución del hato ganadero colombiano por actividad, la cría ocupa el primer lugar con 39% luego el sistema doble propósito que representa 35% y en menor proporción están la ceba y la lechería especializada con 20% y 6%, respectivamente, cifras que confirman que la ceba es una actividad de importancia para el productor ganadero, a pesar de las condiciones medioambientales adversas para la disponibilidad de forrajes en los periodos prolongados de sequía y de inundaciones (FEDEGAN, 2011).

La ganadería bovina de la Orinoquía tiene una población aproximada de cinco millones de cabezas, que representan el 23% de la ganadería nacional y el 40% del hato de carne del país (Fernandez, 2009).

La actividad ganadera de la Orinoquia, es uno de los renglones productivos más importante de la región con participación cercana al 25% de la población bovina del país (Rincón *et al.*, 2012). La actividad ganadera se desarrolla en las tres subregiones naturales: piedemonte, con especialización en el sistema bovino doble propósito y ganadería de ceba; la altillanura y la región inundable especializadas en ganadería de cría.

Sin embargo, su competitividad se ve afectada fundamentalmente por la degradación de las praderas, que afecta la disponibilidad y calidad del forraje, ocasionada por un manejo inadecuado del cultivo, no acordes a las condiciones edafoclimáticas de la región (Rincón *et al.*, 2012).

Los pastos nativos e introducidos presentan baja disponibilidad y calidad de forraje, debido a baja fertilidad del suelo, baja concentración de proteína, fósforo y calcio, se tienen bajos índices productivos y reproductivos del ganado con capacidad de carga de 1 bovinos.ha<sup>-1</sup>, en gramíneas introducidas y 0,3 bovinos.ha<sup>-1</sup> en sabanas nativas. (Flórez, *et al.*, 2012).

En la ceba de bovinos es importante realizar operaciones y actividades prácticas que reflejen los indicadores productivos. Una acción obligatoria es el control de peso de los animales, el cual sirve para precisar la ganancia de peso diaria, demostrando el avance o eficiencia del manejo de la finca; además, se constituye en un elemento de juicio para decidir el momento más oportuno para la comercialización del ganado (Carreño, 2014).

En el departamento del Meta (Rincón, 2005) evaluó la ganancia de peso en animales cruzados y cebú en *Brachiaria decumbens*, suplementados con caña de azúcar y *Cratylia argentea* y obtuvo ganancias de peso de 637 y 522 g/animal/día respectivamente, y 460 g/animal/día en *B. brizantha* cv Marandú, en el piedemonte.

En el departamento de Córdoba (Cuadrado *et al.*, 2004) observaron una ganancia de peso de 590 g/animal/día, bajo pastoreo con *Brachiaria spp.* En el departamento de Arauca, en el municipio de Tame (Salamanca, 2013), obtuvo una ganancia de peso de 799 g/animal/día en el año 2006 de 580 g/animal/día en el año 2007 de 884 g/animal/día en el año 2008 y 905 g/animal/día en el 2009, en novillos cebú comercial bajo pastoreo tradicional con *Brachiaria spp* en condiciones del Piedemonte.

En general, la principal fuente de aporte de nutrientes en los sistemas de producción con bovinos para carne son los pastos (Rodríguez *et al.*, 2011), siendo las gramíneas principalmente del género *Brachiaria ssp*, las más utilizadas (Cuadrado *et al.*, 2005).

Los pastos tropicales en los primeros estadios de crecimiento presentan la pared celular delgada, con poca fibra, permitiendo la fácil ruptura y tiempos cortos de digestión. Cuando se incrementa la madurez, las estructuras vasculares de las hojas se hacen más gruesas, al igual que el tejido vascular y el esclerénquima, tanto las hojas como los tallos se van lignificando y se hacen físicamente más fuertes y difíciles de reducir en tamaño. Lo anterior se acentúa en el período donde las condiciones son favorables para el crecimiento de la planta (Ramírez *et al.*, 2010).

La fibra es importante en la alimentación de los rumiantes para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado, la rumia y mantener un pH ruminal adecuado, que permita la buena salud y digestión. La fibra o pared celular de los forrajes, está constituida por celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, nitrógeno lignificado, cutina y una fracción de minerales insolubles formada especialmente por sílica. La celulosa y la hemicelulosa sólo son digeridas por los procesos de fermentación microbiana, donde las bacterias, protozoarios y hongos producen enzimas que son capaces de romper los carbohidratos complejos de la pared en moléculas más pequeñas, las cuales son disponibles para el animal, primero como glucosa y luego como ácidos grasos volátiles (Cruz y Sánchez, 2013).

La fibra en detergente neutra (FDN) representa la fibra estructural, la cual es sólo parcialmente digerible, y lignina que es la fracción de FDN completamente indigerible, la fibra en detergente ácida (FDA) aísla principalmente celulosa y lignina, pero no hemicelulosa, (Segura *et al.*, 2009).

Los forrajes con exceso de fibra reducen la capacidad de ingestión de los alimentos, digestibilidad de la ración, la síntesis de proteína microbiana ruminal, y el aporte de energía. La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen, aportando niveles adecuados de FDN y FDA (Calsamiglia, 1997).

El principal atributo de los pastos tropicales es su capacidad para producir biomasa debido a que son C4, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado bovino. Sus procesos fotosintéticos son eficientes y se desarrollan en regiones geográficas donde la irradiación solar y la temperatura ambiente les permiten crecer en forma continua durante todo el año, siempre y cuando dispongan de suficiente humedad. La producción de materia seca

de 15 a 30 toneladas por hectárea al año, es usual en pastos del genero *brachiaria* (Sánchez, 2007).

En los forrajes la concentración de minerales varía dependiendo de la especie, el suelo, la fertilización y la madurez. La mayor proporción de minerales se encuentra asociada a los contenidos celulares y una menor proporción a la pared celular. Los minerales constituyen entre 4 - 5% del peso vivo del animal, la nutrición mineral va en dos líneas diferentes; sistemas de explotaciones intensivas y extensivas. El primer caso se estudia minimizar los aportes para evitar excreciones innecesarias, que puedan contaminar al medio ambiente y en la ganadería extensiva, se investiga la forma de evitar la subnutrición de minerales (Ciria *et al.*, 2005).

Los minerales se dividen en dos grupos dependiendo de los requerimientos del animal, los macrominerales se requieren en mayor proporción en la dieta y el requerimiento se expresa en porcentaje (%), los microminerales se requieren en menor proporción y los requerimientos se expresan en partes por millón (ppm). El primer grupo incluye Ca, P, Mg, Na, Cl, K y S. El segundo Cu, Co, Fe, Mn, Se, I y Zn. Los macrominerales son más utilizados en evaluación de calidad de forrajes que los microminerales, (Carulla *et al.*, 2004).

Para que las pasturas hagan aportes significativos a la economía de la finca, el productor debe conocer el estado fisiológico de mayor producción y mejor calidad en que debe cosecharlas, así como sus bondades y limitaciones para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales.

De manera concreta se puede sugerir que la calidad nutricional del forraje se incrementa cuando se corta de manera periódica, evitando la acumulación de material senescente con mayor contenido de pared celular de menor calidad, lo cual se puede lograr mediante una rotación adecuada de potreros para que los animales consuman forrajes de mejor calidad (Muñoz-González *et al.*, 2016).

Cuando la planta es pastoreada o cosechada pierde las hojas en forma parcial o total, y a partir de ese momento, sobrevive gracias a las reservas de carbohidratos solubles en las partes remanentes de la planta. Esas reservas las usa para producir rebrotes, recuperar su capacidad de fotosintética y producir follaje nuevamente. Durante ese periodo de defoliación las raíces detienen su crecimiento durante varios días e incluso semanas, dependiendo de la especie forrajera y de cuan severa hubiera sido la defoliación. Cuando la planta se recupera y aparecen los primeros rebrotes, el forraje recupera su capacidad de fotosíntesis y de acumulación de carbohidratos solubles, lo que constituye una señal para que las raíces reanuden su crecimiento (Sánchez, 2007).

Fulkerson y Donaghy. (2001) indican que el periodo de pastoreo está determinado por el tiempo en que la planta recupera su capacidad para almacenar carbohidratos solubles, lo cual varía entre especies forrajeras. Si las plantas se pastorean antes del periodo de recuperación la pastura no puede recuperarse y muere. Así mismo, el periodo máximo de pastoreo está dado por el momento en que aparecen las primeras hojas senescentes y la pastura empieza a perder su calidad nutricional.

Cuando los pastos maduran sus contenidos de proteína cruda y de carbohidratos no fibrosos se reduce ya que la pared celular y la lignificación se incrementa, por lo que su valor nutricional y el consumo se deprimen. Lo anterior pone en evidencia la necesidad de determinar cuál es el mejor momento de pastoreo de un forraje.

Los potreros no deben sobre pastorearse, deben renovarse cada cierta periodicidad cada 5 a 7 años y fertilizarse regularmente según lo indicado en el análisis de suelo. El manejo de las pasturas debe orientarse a la producción de grandes cantidades de biomasa, la cual debe ser de buen valor nutricional y aprovechada por los animales, todo se debe manejar bajo un concepto de persistencia de las pasturas y agricultura sostenible (Sánchez, 2007).

El pastoreo racional Voisin constituye un método eficaz para el rescate de la sostenibilidad de la producción ganadera en condiciones adversas. Con este sistema se logran altos niveles de producción animal, con la máxima utilización del forraje en su mejor estado de calidad (Feria *et al.*, 2002).

El sistema de pastoreo rotacional, se fundamenta en la rotación dirigida y estratégica de los potreros buscando maximizar la producción de biomasa, el reciclaje de nutrientes, minimizar desperdicios, etc. lo que redunda en mayor producción por hectárea y mejores ingresos para el productor (Reina *et al.*, 2012).

Este sistema de pastoreo fue formulado en los años cincuenta por André Marcel Voisin el cual está basado en 4 leyes consideradas hoy en día los pilares del manejo de pasturas (Sorio, 2012).

La primer ley, es el descanso de los pastos; dice que para que un pasto cortado por el diente del animal pueda dar su máxima productividad entre dos cortes sucesivos, a diente, es necesario que transcurra el tiempo suficiente, de modo que permita al pasto almacenar en sus raíces la suficiente reserva para un comienzo de rebrote vigoroso y realizar su llamada de crecimiento o gran producción diaria de pasto.

Según Osorio (2012), este período de descanso, entre dos cortes sucesivos, será variable de acuerdo a la estación del año, condiciones climáticas y demás factores ambientales. Como a todos los seres vivos, al pasto se le debe conceder el beneficio del descanso.

Descubrir cuál es el tiempo adecuado de descanso de cada una de las parcelas en que se divide la pastura es consecuencia del trabajo conjugado del administrador, de la mano de obra y de asesoría técnica a partir de la correcta planificación del establecimiento ganadero. Para que se cumplan fielmente la primera ley, hay que establecer en el área de pastoreo un gran número de potreros.

La segunda ley universal del pastoreo, es la ley de la ocupación; que indica que el tiempo global de ocupación debe ser lo suficientemente corto para que el pasto

cortado por el animal en el principio de ocupación, no vuelva a ser cortado por el diente del animal en el mismo período. Esta ley se fundamenta en los daños que pueden causar los animales pastadores en los delicados tejidos de los puntos de crecimiento de las plantas pratenses por el pisoteo o por el recorte de la porción aérea que ha rebrotado (Osorio, 2009).

Tercera ley; La ley de rendimientos máximos o ley de las categorías o ley de la ayuda, la cual dice que se debe ayudar a los animales de exigencia alimenticia más elevada, para que puedan cosechar la mayor cantidad de pasto, y que éste sea de la mejor calidad. Cuanto menos trabajo de pastoreo a fondo se le imponga al animal, mayor es la cantidad de pasto que podrá cosechar (Voisin, 1967).

Cuarta ley; La ley de los rendimientos regulares, para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es preciso que no permanezca más de tres días en la misma parcela. Los rendimientos serán máximos si la vaca no permanece más de un día en una misma parcela (Voisin, 1967).

En otras palabras, cuanto más permanece en el potrero, menor cantidad de pasto será el herbívoro capaz de ingerir. En un potrero nuevo, el pasto fresco estimula a los animales que coman con avidez. En otro potrero, semi-pastoreado, el pasto se presenta con olor desagradable para el animal, lo que contribuye para reducir su apetito (Osorio, 2009). Los productores pequeños se adaptan muy bien a ese manejo y arman potreros móviles.

El entrenamiento de la mano de obra y la habituación de los animales, cambiar de parcela es una tarea rutinaria muy fácil. Los beneficios aparecen a través de mejor aprovechamiento de la oferta forrajera y de mayor ingestión de pasto, lo que resulta en mayor producción. Desde el punto de vista de los intereses de las plantas, como de los animales, son nocivas largas permanencias de un lote sobre un mismo potrero.

Es importante resaltar que los suelos de los Llanos orientales son ácidos y pobres en materia orgánica, con capacidad de carga inferior a 1 animal/ha, producción de carne menor a 500 g/an/día, y productividad de carne de 180 kg/ha/año (Flórez y Rincón, 2013). Lo que hace indispensable implementar sistemas de pastoreo rotacional que permitan optimizar los pastos, dándole descanso a las praderas y evitando compactación del suelo por pisoteo y sobrepastoreo, abonando un impulso en el mejoramiento de indicadores en ganado de ceba y proporcionando una creciente oferta de carne colombiana.

Los sistemas de producción ganadera, realizan un enfoque hacia la búsqueda de alternativas que los lleven a alcanzar competitividad y lograr sostenibilidad requerida por la ganadería bovina de carne, la cual se desarrolla fundamentalmente bajo sistemas de pastoreo extensivo y extractivo, en este sentido el CEGA ha clasificado cinco sistemas de producción ganadera en el país (Mahecha *et al.*, 2009).

El sistema extractivo está basado en la capacidad productiva del medio para generar biomasa con el mínimo contacto o injerencia de la mano humana, este sistema es el que vemos generalmente en las sabanas de los Llanos Orientales, un sistema de pastoreo extensivo en donde la base fundamental de la producción es la pradera natural o introducida de baja productividad con un mínimo de intervención de mano de obra del hombre, sobre los animales y praderas.

Sistema de pastoreo extensivo mejorado, sistema de pastoreo semi-intensivo suplementado, sistemas de pastoreo intensivo rotacional, en donde se practica el manejo intensivo de pastos de alto rendimiento, con cercas eléctricas, esto asociado a programas de suplementación, además, este último sistema consiste en subdividir la pradera en diferentes porciones, permanentes o temporales, de manera que el pastoreo pueda realizarse en forma parcializada y secuencial, dejando las praderas con tiempos de utilización y de descanso, que van a estar sujetas a las épocas del año (Mahecha *et al.*, 2009).



En este sistema se encuentra el sistema rotacional en franjas, usado principalmente en lecherías, consiste en asignar una nueva superficie de pradera cada día, o incluso después de cada ordeño, mediante el uso de cerca eléctrica móvil con una hebra electrificada adelante y otra detrás de los animales.

Las ventajas del sistema de pastoreo intensivo rotacional, se relaciona con cosechar el forraje disponible en forma más eficiente, logrando un pastoreo uniforme y de mejor calidad, permite asignar praderas para henificar cuando el forraje madura, mejor manejo de malezas, la corta ocupación y el prolongado descanso determinan mayor producción y persistencia de los forrajes, mejor manejo de los programas antiparasitarios.

Como desventajas considera contar con personal calificado, se puede producir sobrepastoreo, adecuar los bebederos, puede surgir problemas de pisoteo en praderas, en camellones e instalaciones, especialmente en regiones muy húmedas (Parga *et al.*, 2006).

El sistema continuo tradicional, que se realiza a campo sin interrupción, durante un período prolongado, no hay intervalos entre pastoreo, está asociado a pastoreo de baja intensidad, por lo que tiene baja carga animal, limitadas por una base forrajera baja y de poca calidad.

Desde la perspectiva económica las ventajas de este sistema, se asocian a bajos costos operativos y mínimas inversiones. Como desventajas, se pueden considerar bajos ingresos por generar baja producción, sobre pastoreo en época seca y sub pastoreo en invierno, las deyecciones se concentran en las cercanías a las aguas, además de la selectividad de especies más palatables de mejor calidad que se refleja en la pérdida de estas especies más valiosas (UNNE, 2013).

En el pastoreo continuo controlado, el objetivo es maximizar la producción ganadera a través del mantenimiento de altas cargas de ganado, prolongando la vida útil de los

recursos forrajeros a través de un manejo controlado, en el cual se considera tanto la carga animal, como la productividad del forraje, no hay intervalos entre pastoreos.

Entre las ventajas, se requiere menor apotreramiento que en los sistemas rotacionales intensivos de pastoreo, cuando se asignan altas cargas se produce una buena distribución de las deyecciones.

Las desventajas, se necesita praderas adaptadas a una defoliación continua, preferiblemente de crecimiento rastrero, requiere de un monitoreo constante para variar la carga animal en función de la oferta de pasto (UNNE, 2013).

El suelo es un recurso no renovable a escala humana, designado para la producción de alimentos, el balance global y el funcionamiento de los ecosistemas (Doran y Zeiss, 2000). La introducción del ganado vacuno ha modificado la estructura de la vegetación de pradera, provocando cambios en los balances de energía regional y global. Poco se sabe sobre cómo esta perturbación ha afectado la estructura de las comunidades microbianas del suelo, a pesar de que los procesos mediados por ellas son esenciales para la productividad y estabilidad de los ecosistemas (Bajsa, 2008).

Los microorganismos juegan roles vitales en varios ciclos geoquímicos y están implicados en diversos procesos importantes para la calidad del suelo: regulan la descomposición de la materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes y contribuyen a la formación y el mantenimiento de la estructura edáfica (Kirk *et al.*, 2004).

También influyen en el ecosistema contribuyendo a la nutrición y salud de las plantas, dado que sirven como depósito y fuente de la mayoría de los nutrientes, son capaces de solubilizar minerales, producir hormonas vegetales, fijar el nitrógeno atmosférico, causar enfermedades o antagonizar microorganismos deletéreos (Bardgett *et al.*, 1997).

La mineralización de la materia orgánica de suelo es controlada principalmente por el tamaño y la actividad de la biomasa microbiana que puede responder a los disturbios en una escala de tiempo menor (Ferrerias *et al.*, 2009), es por ello que podemos

utilizar la actividad enzimática como indicador del efecto de los métodos de pastoreo sobre la dinámica microbiológica y calidad de suelo.

Los microorganismos son la fuente principal de enzimas, y a pesar de sus bajas cantidades relativamente, juegan un rol fundamental en el mantenimiento y dinámica de los nutrientes a través del ciclado de la materia orgánica.

Se utiliza la medición de la actividad de distintas enzimas del suelo, como por ejemplo la ureasa, para seguir la dinámica de la mineralización del N, ya que permite evaluar los cambios producidos en las transformaciones de este elemento esencial en los suelos, como efecto del uso de residuos orgánicos de distintos orígenes, debido a su participación como enzimas hidrolíticas en la descomposición de residuos (Rodríguez *et al.*, 2013).

La biomasa microbiana, a pesar de que sólo representa entre 1 a 3% del total de materia orgánica, tiene un impacto positivo en el ciclo de descomposición de la materia orgánica y en la fertilidad del suelo por la liberación de nutrientes (Núñez *et al.*, 2012).

Una parte de las enzimas del suelo son extracelulares, y liberadas durante el metabolismo y muerte celular, otras son intracelulares y que forman parte de la biomasa microbiana o bien están adsorbidas en la materia orgánica y en el sistema coloidal, las principales enzimas se clasifican en oxidoreductasas como por ejemplo la catalasa, glucosa oxidasa, deshidrogenasa y peroxidasa, las transferasas como la transaminasa y las hidrolasas como la celulasa, lipasa,  $\beta$ -glucosidasa, fosfatasa y ureasa (Cookson *et al.*, 2007).

Por otro lado las actividades enzimáticas del suelo son sensores del estatus microbiano y condiciones físico-químicas del suelo (Baum *et al.*, 2003). En praderas pastoreadas la biomasa microbiana del suelo y su actividad pueden ser estimuladas por la cantidad de carbono disponible en el suelo, esto dependerá, a su vez, de la

incorporación de la excreta animal y de la superficie o cobertura a ocupar por la deposición (Núñez *et al.*, 2012).

Iyyemperumal *et al.* (2007) demostraron que existe incremento del N y del C microbiano en el suelo con la deposición de excretas en el ecosistema pratense, correlacionando positivamente este incremento con el contenido de N y C total.

Los animales excretan urea en la orina. Los microorganismos del suelo se alimentan de la orina del animal, produciendo ureasa para transformar la urea en amoníaco, que es entonces fácilmente accesible a las plantas (García Izquierdo, 2003). En los métodos de pastoreo rotacional, las deposiciones de los bovinos se concentran más en el suelo que en los pastoreos continuos y alternantes, esto debido al tamaño de los potreros, posiblemente mejorando la actividad microbiana del suelo.

Con base en lo arriba expuesto el objetivo de este trabajo fue evaluar zootécnicamente tres gramíneas del género *brachiaria* bajo modelo de pastoreo rotacional, en variables de suelo, planta y animal, en las sabanas del piedemonte de Tame-Arauca.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

El trabajo se realizó en la Finca Agua Claras, en las Sabanas del municipio de Tame – Arauca a 25 km del área urbana, con latitud N6° 10.802' W71° 52.393', con altura de 430 m.s.n.m, temperatura media anual de 28 °C, precipitación anual 2.890 mm/año con distribución mono modal, brillo solar 1.800 horas luz/año, humedad relativa media anual 83% (60%-89%). (<http://www.tame-arauca.gov.co>).

## **4.2 ANIMALES EXPERIMENTALES**

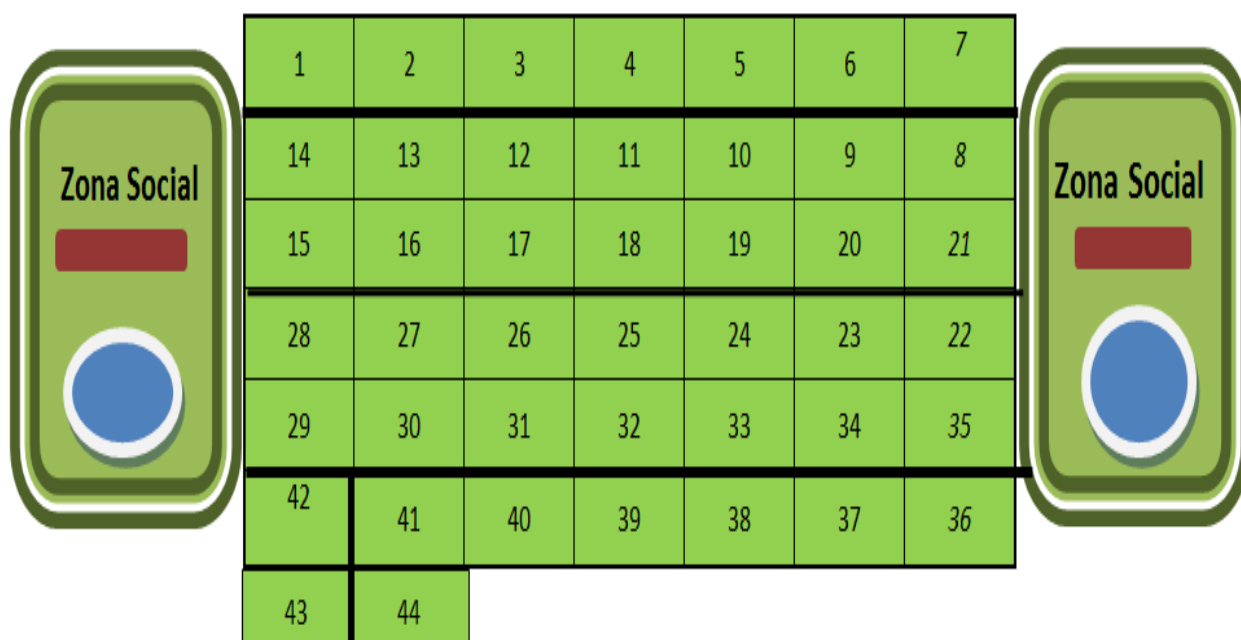
Se utilizaron 75 animales de aproximadamente  $300\pm 40$  kg de peso, con  $22\pm 2$  meses de edad, de raza cebú comercial, procedentes de sistemas de cría de las sabanas inundables de Arauca. Los cuales se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos. Al ingreso los animales se pesaron en báscula electrónica con una capacidad de 1000 kg.

Los animales estuvieron en un periodo de acostumbramiento de 60 días para cada tratamiento, con el fin de mejorar la docilidad, las fuentes de agua, los periodos de pastoreo y descanso y la rotación dentro de los tratamientos.

## **4.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL**

Las praderas del área experimental tenían una extensión de 66 hectáreas, con 22 ha por tratamiento, subdividida en 44, 15 y 18 praderas por tratamiento, los cuales se describen a continuación.

*Método de pastoreo uno (MDP1);* 22 ha, donde la gramínea dominante es *B. humidicola*, dividido en 44 praderas de 0,5 ha cada una y 2 áreas sociales de 2.000 m<sup>2</sup> cada una, donde se sitúan las fuente de agua, sombrío natural y corrección mineral. (Figura. 1).

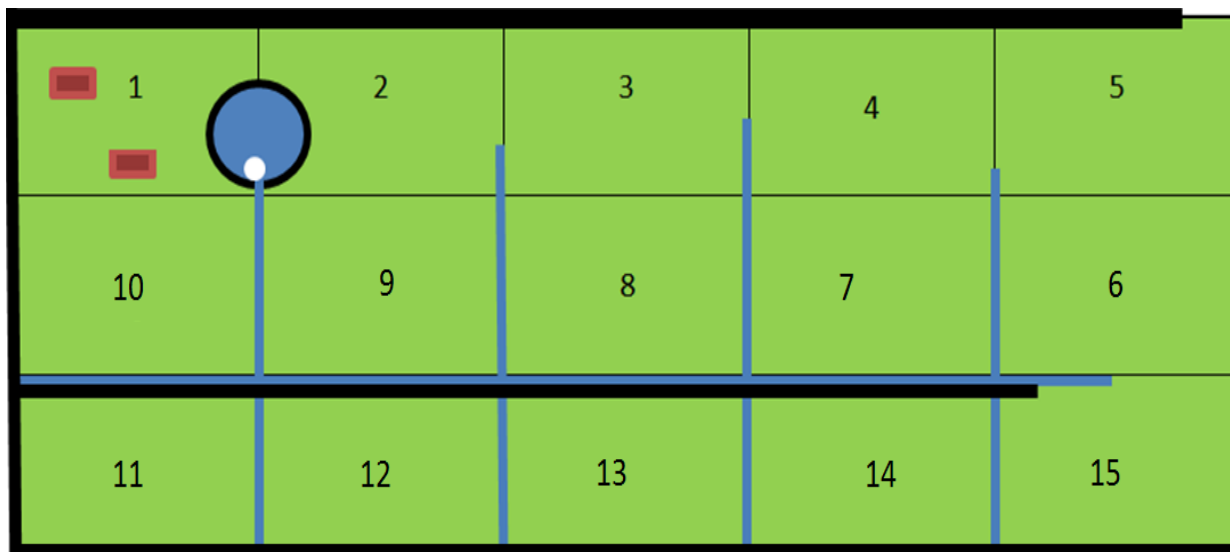


**Figura 1.** Esquema del área del método de pastoreo 1. Líneas negras indican camellones para traslado de entre praderas. Círculo azul fuente de agua y rectángulo café saladero.

Los animales ingresaron a cada pradera a las 4:00 pm y permanecieron hasta las 11:00 am del siguiente día, cuando se trasladaron a la zona social, donde permanecieron 5 horas e ingresaron al siguiente potrero, y así sucesivamente hasta la pradera número 44, donde iniciaron un nuevo ciclo de pastoreo en la pradera 1. En consecuencia cada pradera, contó con un día de ocupación y 43 de descanso.

En este tratamiento permanecieron 25 animales durante 80 días, entre septiembre y noviembre de 2016.

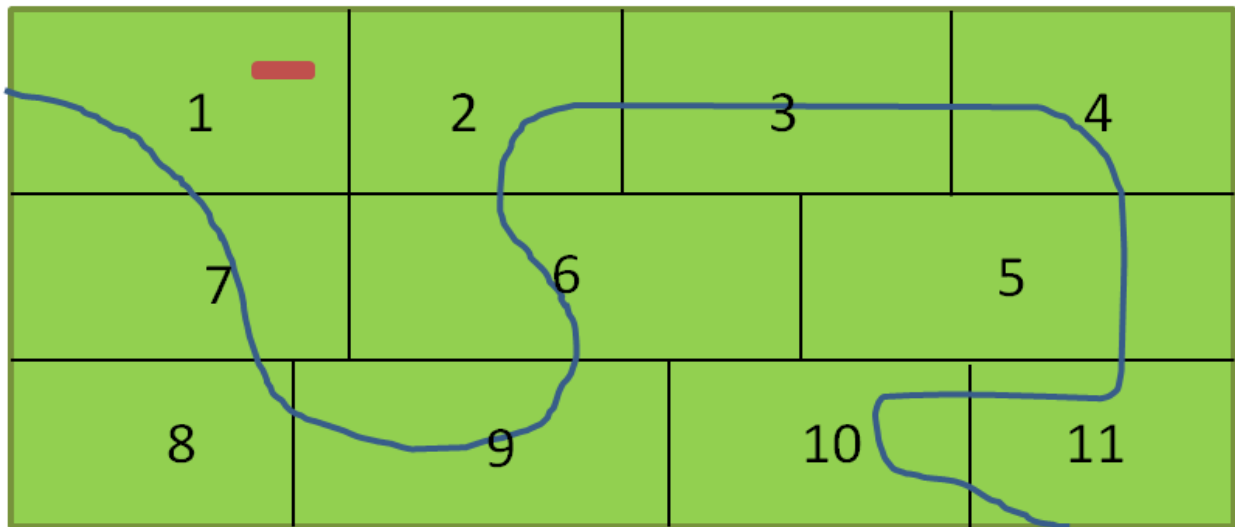
*Método de pastoreo dos (MDP2);* 22 ha, con predominio de la gramínea *B. brizantha* cv marandú, dividido en 15 praderas de 1,4 ha, en todas las praderas hay disponibilidad de agua a voluntad distribuida por gravedad y corrección mineral (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema del área del método de pastoreo 2. Líneas azules, indican la distribución del agua a las praderas, y líneas negras, camellones para traslado entre praderas. Circulo azul fuente de agua y rectángulo café saladeros.

Los animales ingresaron a cada pradera a las 5:00 pm y permanecieron durante 48 horas, cuando se trasladaron a la pradera siguiente, y así sucesivamente hasta la pradera número 15, donde iniciaron un nuevo ciclo de pastoreo en la pradera 1. En consecuencia cada pradera, contó con dos días de ocupación y 28 días de descanso. En este tratamiento permanecieron 25 animales durante 80 días, entre septiembre y noviembre de 2016.

*Método de pastoreo tres (MDP3);* 22 ha, con predominio de la gramínea *B. decumbens*, dividido en 11 praderas de diferente área, entre 1 y 2,5 ha (2 praderas de 1 ha, 5 praderas de 2 ha, 4 praderas de 2,5 ha), la fuente de agua en las praderas es un caño veranero, la corrección mineral va rotando entre praderas con el ganado (Figura 3).



**Figura 3.** Esquema del área del método de pastoreo 3. Línea azul indica la fuente de agua natural y rectángulo café saladeros.

Los animales ingresaron a cada pradera a las 5:00 pm y permanecieron entre 48 y 72 horas, según área de la pradera, contó con 2- 3 días de ocupación y los periodos de descanso entre 30 y 34 días. En este tratamiento permanecieron 25 animales durante 80 días, entre septiembre y noviembre de 2016.

Los animales se pesaron al ingreso a las áreas experimentales, después del periodo de acostumbramiento y al final del ensayo, 80 días después, para medir la ganancia de peso en el periodo.

Para precisar la rentabilidad de los métodos de pastoreo se contrastaron los egresos y gastos con los ingresos, egresos como arriendo, mano de obra, suplemento, medicamentos y otros. El ingreso, fue la ganancia de peso de los animales, al precio actual del kilo de ganado bovino en pie.

La tabla. 1, resume las características más importantes de los tres métodos de pastoreo rotacional.



**Tabla 1.** Caracterización de los métodos de pastoreo rotacional

Métodos	Especie de pasto	Área (ha)	Nº de potreros	Días de ocupación	Días de descanso	Carga animal (U.A)
MDP 1	<i>B. humidicola</i>	22	44	1	43	0,75
MDP 2	<i>B. brizantha</i> cv marandú	22	15	2	28- 30	0,75
MDP 3	<i>B. decumbens</i>	22	11	2-3	30-32	0,75

#### **4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL**

El estudio se realizó en un diseño completamente al azar con tres tratamientos y distribución aleatoria de las 25 unidades experimentales por tratamiento. El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Ganancia de peso g/día

$\mu$ : Media general de los tratamientos

$T_i$ : Efecto de los tratamientos

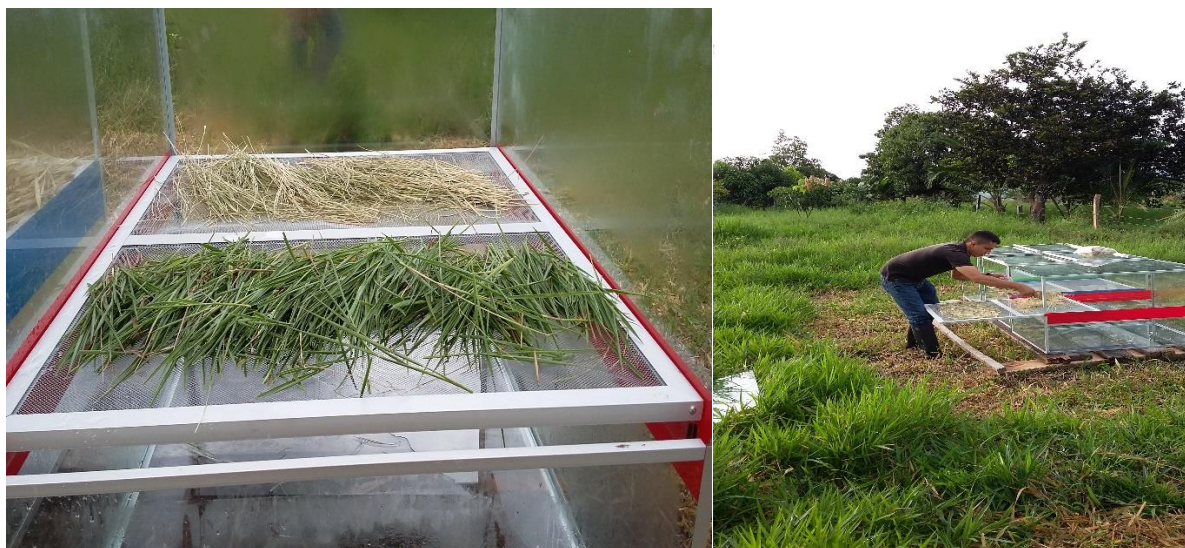
$E_{ij}$ : Error experimental

#### **4.5 CALIDAD NUTRICIONAL DE LAS PRADERAS**

Previo ingreso de los animales a la pradera, se tomó una muestra representativa del forraje, de cada 14 praderas para el tratamiento 1, de cada 5 para el tratamiento 2 y cada 3 para el tratamiento 3, utilizando el método de (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Cada muestreo se sometió a secado con deshidratador artesanal basado en refracción de la luz solar por el vidrio, por 48 horas (Figura 4).

Las muestras secas se homogenizaron y se enviaron al laboratorio VILABQUIM Ltda. 500 g peso seco, para determinación de proteína cruda, fibra en detergente neutra, fibra en detergente ácida, hemicelulosa, cenizas, Ca, P y Mg.

La diferencia entre peso de la muestra en fresco y peso de la muestra deshidratada, entregó humedad y materia seca.



**Figura 4.** Deshidratador de forraje artesanal, basado en refracción de la luz solar por el vidrio.

Se determinó proteína cruda por micro Kjeldahl basado en 960.52 (1994) y 2001.11 (2001) oficial de la AOAC, fibra en detergente neutra (FDN), método AOAC 2002.04 (2002), basado en el procedimiento de Van Soest y R.H. Wine (1967), fibra en detergente ácida (FDA), el método AOAC 973.18 (1977), basado en procedimiento de Van Soest (1963), contenido de cenizas método oficial de la AOAC 942.05 (1943), minerales  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  por complexometría E.D.T.A, Pi por espectrofotometría Arsenio molibdato.

La disponibilidad de forraje se estimó por el método descrito por Hoyos *et al.* (1995) citado por (Franco Quintero *et al.*, 2005). Se seleccionó el punto de menor cobertura

de biomasa en la pradera y se le asignó el número 1, se cortó el forraje dentro del marco de 0,25 m<sup>2</sup> y se pesó con una balanza digital, luego se seleccionó el de mayor cobertura asignándole el número 5, se cortó y se pesó. Después, se buscó el punto intermedio entre 1 y 5 asignándole el número 3, de igual manera se buscó el punto 2 (entre el 1 y el 3) y el punto 4 (entre el 3 y el 5). Se pesó todo el material recolectado y se dividió en el número de cortes efectuados, calculando la biomasa de forraje por hectárea<sup>-1</sup>.

La altura de corte para muestreo de praderas fue de 10 – 15 cm para *B. humidicola*, 20 – 25 para *B. brizantha* cv. marandú y 15 – 20 para *B. decumbens*.

#### **4.6 DINÁMICA BACTERIANA**

La dinámica bacteriana se valoró indirectamente por la actividad de la enzima ureasa en el suelo. Se tomaron muestras de suelo previo descapote de material vegetal a una profundidad de 20 cm. En las praderas seleccionadas se hicieron 3 muestreos, el primero al inicio del experimento y los otros dos con intervalos de 40 días. Para el tratamiento 1 se tomó en forma aleatoria muestra de 10 praderas tres veces, el tratamiento 2 se muestrearon 5 praderas tres veces, y el tratamiento 3, 4 praderas tres veces. En resumen por cada tratamiento se tomaron 3 muestras que fueron remitidas al laboratorio VILABQUIM Ltda, el método empleado fue la técnica volumétrica de Berthelot (Granados, 2012).

#### **4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se determinó si la ganancia de peso presentaba o no una distribución normal mediante la prueba de Shapiro Wilk.

Se realizó análisis de varianza de una vía, prueba de Levene para homogeneidad de varianza y prueba de Duncan para diferencia de medias entre tratamientos, para las variables ganancia de peso, calidad nutritiva de praderas. Dinámica bacteriana se sometió a análisis de varianza de dos vías.

Se hizo correlación bivariada de Pearson entre la ganancia de peso y las variables de calidad nutricional de forrajes y dinámica bacteriana del suelo.

Los procedimientos estadísticos se procesaron en el software Infostat 2018.

La rentabilidad se calculó teniendo en cuenta la utilidad y el capital invertido.

## 5. RESULTADOS

La ganancia de peso diaria presentó distribución normal ( $p=0,8613$ ), los resultados de ganancia diaria de peso se presentan en la tabla 2. La media general de ganancia de peso fue  $696 \text{ g.día}^{-1}$ . Sin ser estadísticamente diferente la ganancia de peso nominal de *B. decumbens* fue de  $783,7 \text{ g.día}^{-1}$ .

**Tabla 2.** Ganancia de peso por métodos de pastoreo

Métodos de pastoreo	Promedio de ganancia de peso $\text{g.día}^{-1}$
<i>B. decumbens</i>	783,7 a
<i>B. brizantha</i> cv marandú	660,3 a
<i>B. humidicola</i>	643,4 a

Promedios con letras iguales, son estadísticamente similares.

Los métodos de pastoreo no influenciaron la ganancia de peso que fue similar entre ellos (Anexo 1).

Los resultados de disponibilidad de forraje y porcentaje de materia seca se presentan en la tabla 3. El contenido de materia seca, en *B. decumbens* fue significativamente inferior ( $p<0,01$ ) al promedio *B. brizantha* cv marandú y *B. humidicola*. A su vez la disponibilidad de forraje fue significativamente diferente para los métodos de pastoreo, siendo inferior *B. brizantha* cv marandú y superior *B. decumbens*. La media general del porcentaje de materia seca de los pastos fue 36,44%, y de disponibilidad de forraje fue  $2.352,6 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

**Tabla 3.** Porcentaje de materia seca y disponibilidad de forraje por método de pastoreo

Variable	Método de pastoreo	Promedio
Materia seca	<i>B. brizantha</i> cv marandú	40,67% a
	<i>B. humidicola</i>	37,33% b
	<i>B. decumbens</i>	31,33% b
Disponibilidad de forraje	<i>B. decumbens</i>	2.465 kg.ha <sup>-1</sup> a
	<i>B. humidicola</i>	2.447 kg.ha <sup>-1</sup> b
	<i>B. brizantha</i> cv marandú	2.146 kg.ha <sup>-1</sup> c

Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes.

La especie de pasto y el método de pastoreo influenciaron significativamente ( $p<0,001$ ), la disponibilidad de forraje y porcentaje de materia seca (Anexo 2), presentando mayor disponibilidad de forraje *B. decumbens* y mayor porcentaje de materia seca *B. brizantha* cv marandú.

Los resultados del contenido de proteína cruda, fibra en detergente neutra, fibra en detergente ácida y hemicelulosa se presentan en la tabla 4. Las concentraciones de proteína cruda fueron significativamente inferiores ( $p<0,05$ ) en *B. humidicola* con relación a *B. brizantha* cv. marandú y *B. decumbens*, que fueron similares entre sí. La fibra en detergente neutra fue significativamente diferente para los tres métodos de pastoreo, siendo superior para *B. decumbens* e inferior para *B. brizantha* cv. marandú, a su vez la fibra en detergente ácida, fue significativamente superior en *B. decumbens* en relación a *B. brizantha* cv. marandú y *B. humidicola* que fueron similares, las concentraciones de hemicelulosa fueron similares entre los métodos de pastoreo.

**Tabla 4.** Contenido de PC, FDN, FDA y HC por método de pastoreo.

Método de pastoreo	PC %	FDN %	FDA %	HC %
<i>B. humidicola</i>	8,69 b	46,19 b	36,01 b	10,18 a
<i>B. brizantha</i> cv. marandú	12,17 a	42,38 c	31,36 b	11,02 a
<i>B. decumbens</i>	14,02 a	54,16 a	46,05 a	8,12 a

Columnas con letras distintas, son estadísticamente diferentes.

PC: Proteína cruda. FDN: Fibra en detergente neutra. FDA: Fibra en detergente ácida

HC: Hemicelulosa.

Las medias generales de PC, FDN, FDA y HC, fueron: 11,62%, 47,58 %, 37,81 %, 9,77 % respectivamente.

La especie de la gramínea de los métodos de pastoreo influenciaron significativamente ( $p<0,05$ ), el contenido de proteína cruda, fibra en detergente neutra y fibra en detergente ácida, pero no hemicelulosa ( $p>0,05$ ) (Anexo 3).

Los resultados de cenizas y minerales se presentan en la tabla 5. Las concentraciones de cenizas fueron significativamente superiores ( $p<0,05$ ) para *B. brizantha* cv. marandú e inferiores para *B. decumbens* y *B. humidicola* que fueron similares. Las concentraciones de Ca, P y Mg fueron significativamente diferentes para los métodos de pastoreo ( $p>0,001$ ), siendo en todos los casos inferior en *B. humidicola* y superior en *B. decumbens*.

**Tabla 5.** Porcentaje de cenizas, calcio, fósforo y magnesio

<b>Métodos de pastoreo</b>	<b>Cenizas %</b>	<b>Calcio %</b>	<b>Fosforo %</b>	<b>Magnesio %</b>
<b><i>B. humidicola</i></b>	4,41 b	0,14 c	0,14 c	0,19 a
<b><i>B. brizantha</i> cv. marandú</b>	8,35 a	0,19 b	0,17 b	0,22 b
<b><i>B. decumbens</i></b>	4,79 b	0,20 a	0,23 a	0,25 c

Columnas con letras distintas, son estadísticamente diferentes.

La media general del contenido de cenizas, Ca, P y Mg fueron 5,84 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,21 % respectivamente.

La especie de pasto de los métodos de pastoreo influenciaron significativamente ( $p<0,001$ ), las concentraciones de cenizas, calcio, fosforo y magnesio (Anexo 4), presentado mejores contenidos de minerales *B. decumbens*, seguido de *B. brizantha* cv marandú y con menor contenido *B. humidicola*.

La tabla 6, presenta las concentraciones medias de MO, CO, NT y AU para los métodos de pastoreo, que no presentaron diferencias entre sí, contrario a las concentraciones promedio por periodos de muestreo, donde fue significativamente

superior el primer periodo con relación a los otros dos periodos que fueron similares entre sí.

**Tabla 6.** Promedios de MO, CO, NT y actividad microbiana del suelo por métodos de pastoreo y periodos de muestreo.

MÉTODOS / PERIODOS	% MO	% CO	% NT	AU $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$
<i>B. humidicola</i>	1,95 a	1,13 a	0,10 a	22,4 a
<i>B. brizantha</i> cv. marandu	2,01 a	1,17 a	0,10 a	28,3 a
<i>B. decumbens</i>	2,18 a	1,27 a	0,11 a	25,2 a
Periodo 1 (0 DÍA)	3,33 b	1,93 a	0,17 a	41,1 a
Periodo 2 (40 DÍA)	1,44 b	0,83 b	0,07 b	27,9 b
Periodo 3 (80 DÍA)	2,18 b	0,80 b	0,07 b	7,0 b

Columnas con letras distintas, son promedios estadísticamente diferentes.

MO: Materia orgánica

CO: Carbono orgánico

NT: Nitrógeno total

AU: Actividad ureasa

La media general de actividad ureasa, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total en suelo fue de 25,33  $\mu\text{molNH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , 2,05%, 1,19%, 0,10%, respectivamente.

El análisis de varianza de dos vías, evidenció que los métodos de pastoreo, no afectaron la actividad ureasa, el contenido de materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total en suelo ( $p>0,05$ ). En contraste los periodos de muestreo (0, 40 y 80 días), influenciaron significativamente ( $p<0,001$ ) las variables previamente citadas (Anexo 5).

Al análisis económico se calculó la utilidad, durante los 80 días de pastoreo, contrastando los costos y gastos frente a los ingresos, generando utilidad de \$ 2.961.300, \$ 1.944.500 y \$ 1.812.500, para *B. decumbens*, *B. brizantha* cv. marandú y *B. humidicola* respectivamente; utilidad por hectárea de \$ 134.604, \$ 88.386 y \$ 82.386 respectivamente, (Tabla 7).

Igualmente se calculó el capital invertido, junto con la utilidad se determinó el porcentaje de rentabilidad mensual, lo que quiere decir que por cada peso invertido cuanto genera de ganancias.

La rentabilidad mensual para *B. humidicola* fue de 1.7 %, *B. brizantha* cv. marandú 1.9 %, *B. decumbens* 2.9 %.

**Tabla 7.** Balance económico de los método de pastoreo intensivos rotacional

B. humidicola	Costos y Gastos (animal/EE)		Ingresos	Ganancia
	Arriendo (\$ 25.000/mes)	\$ 67.000	Valor kg en pie (\$ 4.100)	Costos y gastos: \$ 3.467.500 Ingresos: \$ 5.280.000
	Vaquero (\$ 16.000/mes)	\$ 43.000		
	Sal mineral (\$ 3.700/mes)	\$ 9.700	GDP (644 g/animal/día) \$ 2.640 * 25 animales	
	Medicamentos (\$ 7.000)	\$ 7.000		
	Otros (\$ 12.000)	\$ 12.000	\$ 66.000 día * 80 días \$ 5.280.000	\$ 1.812.500
	TOTAL	\$ 138.700		
B. brizantha cv. marandú	Arriendo (\$ 25.000/mes)	\$ 67.000	Valor kg en pie (\$ 4.100)	Costos y gastos: \$ 3.467.500 Ingresos: \$ 5.412.000
	Vaquero (\$ 16.000/mes)	\$ 43.000		
	Sal mineral (\$ 3.700/mes)	\$ 9.700	GDP (660 g/animal/día) \$ 2.706 * 25 animales	
	Medicamentos (\$ 7.000)	\$ 7.000		
	Otros (\$ 12.000)	\$ 12.000	\$ 67.650 día * 80 días \$ 5.412.000	\$ 1.944.500
	TOTAL	\$ 138.700		
	B. decumbens	Arriendo (\$ 25.000/mes)	\$ 67.000	Valor kg en pie (\$ 4.100)
Vaquero (\$ 16.000/mes)		\$ 43.000		
Sal mineral (\$ 3.700/mes)		\$ 9.700	GDP (784 g/animal/día) \$ 3.214 * 25 animales	
Medicamentos (\$ 7.000)		\$ 7.000		
Otros (\$ 12.000)		\$ 12.000	\$ 80.360 día * 80 días \$ 6.428.800	\$ 2.961.300
TOTAL		\$ 138.700		

EE: Etapa experimental 80 días.



Se realizó correlación de Pearson con las variables de suelo, forraje y ganancia de peso, las variables de suelo no presentaron asociación con las variables de forraje, a diferencia de las variables de calidad nutricional del pasto que presentaron correlación altamente significativa con la ganancia de peso.

Ninguna variable de indicador biológico del suelo, se correlacionó con la ganancia de peso.

La tabla 8, presenta los valores correspondientes al coeficiente de correlación de r de Pearson y significancia de las variables de forraje que se correlacionan con la ganancia de peso.

**Tabla 8.** Correlaciones bivariadas de Pearson, entre ganancia de peso diaria de bovinos y variables de los componentes suelo y forraje.

Componente	Variable	Correlación (r) bivariada de Pearson	Significancia bilateral
Suelo	Materia orgánica %	0,105	0,788
	Carbono orgánico %	0,106	0,787
	Nitrógeno soluble (NTS) %	0,104	0,791
	Actividad ureasa $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$	0,012	0,976
Forraje disponible	Materia seca %	-0,866	<b>0,003</b>
	Forraje verde kg/ha	0,786	<b>0,012</b>
	Forraje seco kg/ha	0,461	0,212
Forraje calidad	Proteína cruda %	0,710	<b>0,032</b>
	Fibra detergente neutro %	0,885	<b>0,002</b>
	Fibra detergente ácido %	0,777	<b>0,014</b>
	Hemicelulosa %	-0,371	0,326
Forraje minerales	Cenizas %	-0,309	0,419
	Calcio %	0,718	<b>0,029</b>
	Fósforo %	0,955	<b>0,000</b>
	Magnesio %	0,884	<b>0,002</b>

Se preseleccionan para un modelo de regresión múltiple por etapas hacia adelante, una variable por componente a saber contenido de materia orgánica en suelo, disponibilidad de forraje verde/ha, contenido de proteína cruda y % fósforo (Tabla 9).

Las variables de entrada no deben estar correlacionadas unas con otras

Máximo factor de inflación de la varianza (FIV) sea menor de 10 y la media de los FIV no sea muy superior a 1. Independencia de los residuos con prueba de Durbin-Watson = 2, no sea superior a 3 ni inferior a 1 (Tabla 10).

**Tabla 9.** Variables independientes incluidas y excluidas por pasos, en el modelo de regresión lineal múltiple para ganancia de peso/día

<b>Modelo</b>	<b>Variables independientes incluidas</b>	<b>Variables independientes excluidas</b>
1	fósforo % en materia seca	materia orgánica en suelo % kg de forraje verde /ha proteína cruda %
2	fósforo % en materia seca kg de forraje verde/ha	materia orgánica en suelo % proteína cruda %
3	fósforo % en materia seca kg de forraje verde/ha materia orgánica en suelo %	proteína cruda %

**Tabla 10.** Resumen del modelo de regresión lineal múltiple para ganancia diaria de peso

<b>Modelo</b>	<b>Correlación r</b>	<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Ajustado</b>	<b>Cambios en R<sup>2</sup></b>	<b>Durbin Watson</b>
1	0,955	0,913	0,900	0,913	3,122
2	0,991	0,983	0,977	0,070	
3	0,998	0,995	0,993	0,013	

Intercepto, coeficientes de regresión, significancia, tolerancia y VIF de modelos de regresión

<b>Modelo</b>	<b>Betas</b>	<b>Betas estandarizados</b>	<b>Significancia</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>VIF</b>
Intercepto	380,5	-----	0,000	1,00	1,00
% fósforo	1748,3	0,955	0,000		
Intercepto	331,6	-----	0,000	0,637	1,570
% fósforo	1383,5	0,756	0,000		
kg forraje verde/ha	0,0180	0,331	0,003		
Intercepto	316,9	-----	0,000	-----	-----

% fósforo	1417,7	0,775	0,000	0,626	1,597
kg forraje verde/ha	0,0160	0,309	0,000	0,622	1,607
materia orgánica suelo %	7,8210	0,115	0,014	0,975	1,026

FV: forraje verde kg/ha. Betas: valor intercepto y coeficiente de regresión por modelo.

Se realizó análisis de varianza del modelo de regresión lineal múltiple, para verificar si el modelo es el apropiado para el análisis de estas variables (Tabla 11).

**Tabla 11.** Análisis de varianza de modelos de regresión lineal múltiple, para ganancia de peso/día

Modelo	Estadísticos	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Intercepto % fósforo	Regresión	32128,98	1	32128,98 438,33	73,30	0,000
	Residuo	3068,28	7			
	Total	35197,26	8			
Intercepto % fósforo kg fv/ha	Regresión	34582,48	2	17291,24 102,46	168,76	0,000
	Residuo	614,78	6			
	Total	35,197,26	8			
Intercepto % fósforo kg fv/ha % MO suelo	Regresión	35034,20	3	11678,07 32,613	358,08	0,000
	Residuo	153,06	5			
	Total	35,197,26	8			

Fv: forraje verde kg/ha; MO: Materia orgánica; gl: grados de libertad; Sig: significancia

## 6. DISCUSIÓN

El consumo es uno de los factores más importantes en determinar la producción animal. Se estima que el 70 % de las variaciones en la producción animal en pastoreo se pueden explicar por la variación en el consumo. En pastoreo, el consumo está determinado en primer lugar por la oferta forrajera y en segundo lugar por la calidad del forraje y particularmente las concentraciones de fibra en este. Sin embargo, las deficiencias nutricionales (proteína y minerales) pueden ejercer limitaciones adicionales al consumo (Carulla *et al.*, 2004).

Pardo *et al.* (2008) estimó consumo de forraje en los Llanos Orientales de Colombia de 6,7 a 8,5 kg de ms/vaca-día<sup>-1</sup>. El consumo de MS como porcentaje del peso vivo, varió desde 1,99 a 2,52 kg de MS/100 kg de peso vivo.

Según Muñoz-González *et al.* (2016) el manejo del pastoreo es un factor determinante en la eficiencia de los sistemas ganaderos basados en forrajes, es la principal herramienta para el uso de las praderas y la producción por animal.

La ganancia diaria de peso hallada en este trabajo fueron para *B. humidicola*; 643,4 g/animal/día, *B. brizantha* cv. marandú; 660,3 g/animal/día y *B. decumbens*; 784 g/animal/día, son similares a las reportadas por Molina y Franco (2015) en pastoreo continuo de 777,6 g/animal/día y superiores a los reportados en pastoreo rotacional de 590 g/animal/día.

Feria *et al.* (2002) en pastoreo continuo encontró 420 g/animal/día, en pastoreo alterno 410 g/animal/día, en pastoreo rotacional 510 g/animal/día en pastos del género *Brachiaria*, resultados inferiores a los hallados en este trabajo.

Reina *et al.* (2012) establecieron un modelo de sistema de pastoreo Voisin en Puerto López, Meta, determinaron la GDP antes y después de implementado el sistema Voisin durante 90 días, reportando ganancias de peso para pastoreo continuo de 515 g/animal/día y pastoreo Voisin de 700 g/animal/día, bajo gramíneas de *B. humidicola* y *B. decumbens*, datos inferiores en pastoreo continuo y similares en pastoreo voisin, comparados con los hallados en este estudio.

Cuadrado *et al.* (2004) determinaron GDP en cuatro especies de pasto en Montería-Córdoba dividiendo cada potrero en dos, de tal forma que el manejo correspondiera a un pastoreo alterno de 24 días de ocupación y 24 de descanso; en cada período de alternancia los potreros fueron fertilizados con 20 kg de urea/ha. Las especies utilizadas fueron, *Brachiaria brizantha* CIAT 26110, *Brachiaria brizantha* CIAT 16322, *Brachiaria brizantha* cv. marandú y *Brachiaria decumbens*, con ganancias diarias de

peso entre 700 y 1000 g/animal/día, resultados similares y superiores a los encontrados en este estudio en *Brachiaria brizantha* cv. marandú y *Brachiaria decumbens* respectivamente.

En el departamento del Meta se obtuvo ganancia de peso de 637 y 522 g/animal/día con animales cruzados y cebú respectivamente en pastoreo de *Brachiaria decumbens* y suplementados con caña de azúcar y *Cratylia argentea*, de igual forma en praderas renovadas con *Brachiaria brizantha* cv. marandú (Rincón, 2005), resultados inferiores a los hallados en este estudio.

En Tame - Arauca, Salamanca (2013) durante cuatro años (2006-2009), determinó la GDP diaria en el piedemonte, bajo pastoreo continuo y alterno, en suelos de bosque húmedo tropical y bosques de galería, que hoy en día su mayor cobertura son los pastos mejorados, como *B. decumbens*, reportando para el 2006 de 790 g/animal/día, 2007 de 580 g/animal/día, 2008 de 884 g/animal/día y 2009 de 905 g/animal/día. Datos similares y superiores a los encontrados en este estudio, excepto para la GDP del año 2007 que fue inferior.

Los resultados se explican por la posible diferencia de fertilidad del suelo, mejores contenidos de materia orgánica, mayor concentración de minerales, características que presenta el piedemonte comparado con las sabanas.

Se observa que los MDP intensivos rotacionales mejoran la GDP, en algunos casos los pastoreos continuos y alternos pueden llegar a obtener mejores resultados, debido a condiciones de mayor fertilidad de suelo y mejores contenidos nutricionales en el forraje.

## **6.1 PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE**

En el presente estudio la producción de biomasa o forraje verde se presenta en la tabla 3. La disponibilidad de forraje en materia seca (MS) del presente trabajo *B.*

*humidicola* 2.447 kg·ha<sup>-1</sup>, *Brachiaria Brizantha* cv. marandú 2.146 kg·ha<sup>-1</sup> y *B. decumbens* 2.465 kg·ha<sup>-1</sup>. Fue nominalmente superior a lo reportado por Rincón (2011) de 1.961 kg·ha<sup>-1</sup> en *B. humidicola* de 1.707 kg·ha<sup>-1</sup> en *B. decumbens* y 2.190 kg·ha<sup>-1</sup> en *B. brizantha*, en época lluviosa en la altillanura, en pastoreo alterno con 30 días de ocupación y 30 días de descanso.

Rojas *et al.* (2011) reportaron una producción en materia seca de 781 kg·ha<sup>-1</sup>, de *B. decumbens* y 866 kg·ha<sup>-1</sup>, *B. brizantha*, en el estado de Guerrero, México, en época de lluvia, disponibilidad sensiblemente inferior a la encontrada en el presente estudio.

Cruz López *et al.* (2011) encontraron en Veracruz México, en pastoreo continuo producción en materia seca de 353 kg·ha<sup>-1</sup> de *B. humidicola*, sensiblemente inferior a lo hallado en el presente estudio. Contrario a lo reportado por Rincón (2011) en Villavicencio Meta, con producción de materia seca de 1.960 kg·ha<sup>-1</sup> en *B. humidicola*, en pastoreo alterno y fertilización de mantenimiento cada dos años, resultado superior al encontrado en el presente estudio.

García *et al.* (2017) presentaron resultados similares con *B. brizantha* cv marandú, en Nueva Guinea, Costa Caribe Sur de Nicaragua de 2.225 kg·ha<sup>-1</sup>. De igual forma Castillo *et al.* (2008) reportaron resultados similares en producción de *B. decumbens* de 2.500 kg·ha<sup>-1</sup> en suelos oxisoles del piedemonte llanero Colombiano.

La variación en la disponibilidad de forraje en materia seca, de las gramíneas utilizadas de la presente investigación, se debe a factores como la especie, la accesión o cultivar, la fertilidad del suelo, la temperatura ambiental, la irradiación solar, la disponibilidad de agua, los tiempos de ocupación y descanso, (Hopkins, 2000).

El contenido de materia seca para *B. humidicola* fue de 37,33 %, *B. brizantha* cv. marandú de 40,67 % y *B. decumbens* de 31,33 %, resultados similares reportaron Orozco *et al.* (2012) en el estado de Zulia, Venezuela de 37,35 % para *B. humidicola*,

en el caso de *B. decumbens* (Ramírez *et al.* (2012) encontraron % de materia seca de 31,07 %. (Sánchez, (2007) presentó contenido de materia seca en *B. brizantha* de 21-25 %, resultado sensiblemente inferior al encontrado en el *B. brizantha* cv. marandú de este experimento.

La concentración de proteína cruda encontrada en este trabajo para *B. humidicola* fue superior a los encontrados por Orozco *et al.* (2012) en épocas de lluvia y sequía 7,70% y 4,55 % respectivamente, a los 40 días de pastoreo, en el departamento del Meta, Colombia. Resultados inferiores a los hallados en este estudio, se determinaron en el estado del Zulia, Venezuela, en época de lluvia y sequía de 5,60 % y 4,57 % y en Matanzas, Cuba, 6,5 % de proteína cruda.

Cardona *et al.* (2002) reportaron contenido de proteína cruda de 6% para *B. humidicola*, valor sensiblemente inferior al hallado en este estudio.

Chacón (2005) reportó contenido de proteína cruda de *B. humidicola* de 7,1% con pastoreo alterno de 35 días de descanso, en la Universidad de Táchira, Venezuela, resultados superiores a los encontrados en este estudio.

Castillo *et al.* (2008) Reportaron 9,8% de PC, en suelos oxisoles del Piedemonte Llanero, Colombia, en *B. Brizantha* cv. marandú a los 42 días de pastoreo, resultados inferiores a los encontrados en este trabajo.

Cuadrado *et al.* (2004) Estimaron el porcentaje de proteína cruda para *B. brizantha* cv. marandú, en Montería, Córdoba, de 10,5%, bajo pastoreo alterno con 24 días de descanso y ocupación. Valor similar de 10,0% reportó Chacón (2005), a los 35 días de pastoreo en el estado de Táchira, Venezuela, resultados sensiblemente inferiores a los encontrados en este estudio.

En el trópico de Costa Rica, el contenido de proteína cruda es 10 – 12 % en *B. Brizantha* cv. marandú (Sánchez, 2007), porcentaje similar al hallado en *B. Brizantha* cv. marandú en este estudio.

El contenido de proteína cruda hallado en este trabajo para *B. decumbens* fue sensiblemente superior a los reportados por Cardona *et al.* (2002) de 7,08% y por (Pardo *et al.* (2008) de 7,1% en los Llanos Orientales de Colombia.

Chacón (2005) reportó proteína cruda de *B. decumbens* de 8,6% con pastoreo alterno de 35 días de descanso, en la Universidad de Táchira, Venezuela, resultados superiores a los encontrados en el presente estudio.

Castillo *et al.* (2008) determinaron contenido de proteína cruda en suelos oxisoles del Piedemonte Llanero en *B. decumbens* de 9,8 % a los 42 días de pastoreo, resultados inferiores a los encontrados en este estudio.

Cuadrado *et al.* (2004) estimaron contenidos de proteína cruda en época de lluvia en *B. decumbens* de 15,4 % similares a los encontrados en este estudio.

Ortega *et al.* (2015) reportaron contenidos de proteína cruda en cuatro especies de *brachiaria*, 10.68%, 9.55% y 9.33%, en época de lluvias, en Xalisco, México, resultados similares e inferiores a los encontrados en este estudio.

En un estudio de composición nutricional de forrajes en sistemas silvopastoriles y tradicionales, realizado por Herrera *et al.* (2015) en diferentes regiones de Colombia, determinaron el contenido de proteína cruda en gramíneas del género *brachiaria*, 16,83 % en el Valle del Cauca, de 6,3 % en el Cesar y de 16,38 % en Antioquia, resultados similares a los encontrados en el presente estudio.



Senra (2009) demostró que el efecto del buen manejo del pastizal y su persistencia, se relaciona estrechamente con el mayor rendimiento de materia seca, mejores contenidos de proteína y mayor cobertura herbácea del suelo.

Los forrajes tropicales contienen 65% a 72% de pared celular y solo 6% a 12% de carbohidratos no fibrosos. Los carbohidratos presentes en estas fracciones son fermentados por los microorganismos del rumen para producir ácidos grasos volátiles, (acético, propiónico y butírico) estos aportan 60% y 70% de la energía neta, utilizada por los bovinos (Sánchez y Soto, 2013).

El contenido de fibra en detergente neutra, determinada en este trabajo fue sensiblemente inferior al reportado por (Cardona *et al.* (2002), de 72,5 %.

Estudios realizados en *B. humidicola* por Orozco *et al.* (2012) encontraron contenidos de fibra en detergente neutra en épocas de lluvia y sequia de 66,50 % y 69,60 %, a los 40 días de pastoreo, igualmente en el Meta, Colombia 74,52% y Zulia Venezuela 70,03%, contenidos de FDN superiores a los encontrados en el presente estudio.

En *B. brizantha* cv marandú, el contenido de fibra en detergente neutra hallado en este estudio fue sensiblemente inferior al determinado por Cuadrado *et al.* (2004), en época de lluvia y sequia de 64,07 y 67,7 % respectivamente, bajo pastoreo alterno con 24 días de ocupación y 24 días de descanso.

Balseca *et al.* (2015) reportaron contenidos de fibra en detergente neutra en *B. brizantha* cv. marandú, de 71,7 % con 42 días de descanso en Santo Domingo, Ecuador, contenido de FDN superior al encontrado en el presente estudio.

El contenido de fibra en detergente neutra determinado en este estudio para *B. decumbens* fue similar al reportado por Cuadrado *et al.* (2004) de 60,38 % bajo pastoreo alterno con 24 días de ocupación y 24 días de descanso, en Montería,

Córdoba. Igualmente, Herrera *et al.* (2015) en diferentes regiones de Colombia, que determinaron contenido de FDN de 54,93% en sistemas tradicionales.

Balseca *et al.* (2015) determinaron contenido de fibra en detergente neutra en *B. decumbens* de 71,3 % bajo pastoreo alterno con 42 días de descanso, porcentaje de FDN superior al encontrado en el presente estudio.

Por otro lado Ortega *et al.* (2015) reportaron valores de fibra en detergente neutra en gramíneas del género *brachiaria* de 68,45 % en promedio, contenidos sensiblemente superiores a los hallados en este estudio.

Comparando los valores de fibra en detergente neutra, de los pastos evaluados en este estudio con los reportados en la literatura y la clasificación de calidad de gramíneas asignada por la “American Forage and Grassland Council” que designa de primera y segunda los contenidos de FND entre 40% a 53%, se puede afirmar que el contenido de FDN de los pastos es el óptimo para bovinos en pastoreo.

La fracción de fibra en detergente ácida de los forrajes, está compuesto por celulosa, lignina, cutina y sílica, (Segura *et al.*, 2007).

En este estudio el contenido de fibra en detergente ácida para *B. humidicola* fue similar al encontrado por Orozco *et al.* (2012) en épocas de lluvia y sequía de 37,2 y 42,40 %, a los 40 días de pastoreo en el departamento del Meta, Colombia.

La fibra en detergente ácida en este estudio para *B. brizantha* cv. marandú, fue sensiblemente inferior al reportado por Balseca *et al.* (2015) de 47,6% a los 42 días de pastoreo, en Santo Domingo, Ecuador.

Cuadrado *et al.* (2004) determinaron contenidos de fibra en detergente ácida en *B. brizantha* cv. marandú de 30,8 % bajo pastoreo alterno de 24 días de ocupación y 24 de descanso, porcentaje de FDA, similar al encontrado en el presente estudio.

El método de pastoreo de *B. decumbens*, mostró contenido de fibra en detergente ácida similar al reportado por Balseca *et al.*, (2015) de 46,2 % a los 42 días de pastoreo, en la Universidad Equinoccial, Ecuador.

Cuadrado *et al.* (2004) reportaron contenidos de fibra en detergente ácida en época de lluvia de 23,6 % y en sequía de 34,1%, valores de FDA sensiblemente inferiores a los encontrados en este estudio.

Según la clasificación de la “*American Forage and Grassland Council*” de calidad de las fibras basada en el contenido de FDA, categoriza como forraje adecuado y excelente contenido de FDA los forrajes con valores de < 31 % y de inadecuada o abundante fracción de FDA los forrajes con contenido > 46 %. *B. brizantha* cv. marandú clasificada como de primera, *B. humidicola*, de segunda y *B. decumbens*, de quinta categoría.

La FDN, FDA, lignina y la celulosa se incrementan con la edad del forraje, este incremento está relacionado con los cambios fisiológicos que ocurren al envejecer la planta, disminución del contenido celular citoplasmático, la reducción del lumen celular con sus componentes solubles y el incremento de los componentes fibrosos (Ramírez *et al.*, 2010)

La digestibilidad de la pared celular varía dependiendo del grado de lignificación que a su vez está determinada por factores genéticos, ambientales y de manejo. (Carulla *et al.*, 2004).

El contenido de hemicelulosa de *B. humidicola* del presente estudio fue inferior al reportado por Orozco *et al.* (2012) de 23,4 % en el departamento del Meta, Colombia. Para *B. brizantha* cv marandú fue inferior al encontrado por Balseca *et al.* (2015) 24,1%. Para *B. decumbens* fue de 8,12 % contenido superior al reportado por Cuadrado *et al.* (2005) de 5,8% en el centro de investigación de Turipaná costa

Caribe de Colombia, bajo pastoreo rotacional con 2 días de ocupación y 24 días de descanso.

Los bajos valores de hemicelulosa puede deberse a los bajos contenidos de FDN, frente al contenido de FDA. El principal componente del forraje que influye en la digestibilidad y el consumo es la pared celular, en la medida que la pared celular aumenta en el forraje, hay una reducción en la digestibilidad y el consumo voluntario (Carulla *et al.*, 2004).

Los forrajes con concentraciones altas de proteína cruda por lo general contienen cantidades bajas de fibras (Sánchez, 2007), de este modo se comportaron las gramíneas del presente estudio bajo los diferentes métodos de pastoreo.

Las cenizas no tienen energía, forrajes con alto contenido de cenizas tienen menos energía que forrajes que contienen menos cenizas. la madurez de la planta influye en el contenido de cenizas, según lo reportado por Cevallos *et al.* (2008) donde determino el contenido de cenizas a los 28, 56, 84 y 112 días demostrando valores decrecientes a medida que aumenta la edad de la gramínea, 12,7, 11,7, 9,4 y 9,2 % respectivamente.

En el presente estudio el contenido de cenizas para *B. humidicola* fueron valores similares a los encontrados por Orozco *et al.* (2012) de 5,9 % en el departamento del Meta, Colombia y Cardona *et al.* (2002) de 5,9 % en el departamento de Antioquia y diferente a lo reportado por Chacón (2005) de 8,4 % contenido superior al determinado en este estudio.

El contenido de cenizas de *B. brizantha* cv. marandú, fue inferior al encontrado por (Ortega *et al.* (2015) de 11,29 %, en Xalisco, México, bajo sistema de corte y acarreo en ovinos.

El contenido de cenizas de *B. decumbens*, fue inferior al reportado por Cardona *et al.* (2002) de 12,5 % datos tomados de bromatológicos del laboratorio de nutrición animal de la Universidad de Antioquia.

Herrera *et al.* (2015) en diferentes regiones de Colombia, determinaron el contenido de cenizas en gramíneas del género *brachiaria*, 2,8 % en Valle del Cauca, 1,56 % en Cesar, 3,42% en Antioquia, contenidos sensiblemente inferiores a los encontrados en el presente estudio.

Los minerales son importantes en la evaluación de calidad de forrajes. Las deficiencias de minerales disminuyen el consumo voluntario y la digestibilidad, además las deficiencias como los imbalances traen consecuencias negativas sobre la salud del animal (Carulla *et al.*, 2004).

La relación entre los requerimientos del ganado y los contenidos de minerales en los pastos, indica que los pastos tropicales no satisfacen las necesidades de calcio, fosforo y magnesio. Los bovinos en pastoreo sin ningún suplemento mineral presentan trastornos reproductivos y de salud (Vieyra *et al.*, 2013).

El contenido de calcio encontrado en el presente estudio para *B. humidicola* fue similar al reportado por Chacón (2005) de 0,12 % en época de lluvia, en la Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela.

Narváez y Lascano. (1989), determinaron contenido de calcio en *B. humidicola* en los Llanos Colombianos, en el centro de investigación ICA-CIAT Carimagua, para un ensayo de estandarización de métodos en la determinación de la calidad de forrajes, reportando contenido de calcio de 0,16%, similar al del presente estudio.

Homen *et al.* (2010) reportan valores de calcio en *B. humidicola* de 0,10% a los 42 días de pastoreo, contenido sensiblemente inferior al encontrado en esta investigación.

Cardona *et al.* (2002) reportaron contenidos de calcio de 0,18 % para *B. humidicola*, valor superior al hallado en *B. humidicola* del presente estudio.

Zarate Medina y Hernández (2015) reportaron porcentajes de calcio de 0,19 %, en *B. humidicola*, contenido superior al encontrado en este trabajo.

Torres *et al.* (2009) reportaron valores de calcio de 0,27 % en *B. humidicola*, en diferentes ganaderías bajo pastoreos alternos y continuos en época de lluvia, contenido superior al hallado en el presente estudio.

Orozco *et al.* (2012) reportaron en el departamento del Meta, Colombia, contenidos de calcio en *B. humidicola* de 0,28 %, a los 40 días de pastoreo, porcentaje superior al encontrado en esta investigación.

El valor de calcio encontrado en el presente estudio para *B. brizantha* cv. marandú, fue sensiblemente inferior al determinado por Narváez y Lascano (1989) de 0,25 % en el centro de investigación ICA-CIAT Carimagua, Llanos Colombianos.

Torres *et al.* (2009) reportaron contenido de calcio de 0,23% en *B. brizantha* cv. marandú, en el estado de Quintana Roo, México, porcentaje superior al encontrado en el presente estudio. Zarate y Hernández (2015) reportaron porcentajes de calcio de 0,51 %, en *B. brizantha* cv. marandú, contenido superior al encontrado en el presente estudio.

Muñoz *et al.* (2016) encontraron contenidos de calcio en *B. brizantha* cv. marandú, de 0,34 %, bajo pastoreo alterno en ganadería doble propósito en Chiapas, Mexico, contenido superior al hallado en *B. brizantha* cv. marandú del presente estudio.

Para *B. decumbens* del presente estudio el contenido de calcio determinado fue igual al reportado por Homen *et al.* (2010) de 0,20 %, bajo pastoreo rotacional de 42 días de descanso, diferente a lo hallado por Cardona *et al.* (2002) 0,27 % de contenido de calcio superior al encontrado en esta investigación.

Igualmente Zarate y Hernández (2015) y Narváez y Lascano (1989) reportaron contenidos de calcio de 0,42 % y 0,40 % en *B. decumbens*, valores superiores a los encontrados en *B. decumbens* del presente trabajo.

El contenido de fósforo de este estudio, en *B. humidicola* fue superior al reportado por Narváez y Lascano (1989) de 0,07% en los Llanos Colombianos y por Homen *et al.* (2010) de 0,09 %, a los 42 días de pastoreo.

Cardona *et al.* (2002) reportaron contenidos de fósforo para *B. humidicola* de 0,18 % y Orozco *et al.* (2012) en el departamento del Meta, Colombia a los 40 días pastoreo encontró 0,17 % de P porcentajes superiores a los hallados en *B. humidicola* del presente estudio.

El porcentaje de fósforo encontrado en el presente estudio para *B. brizantha* cv. marandú, fue superior al reportado por Narváez y Lascano, (1989) de 0,10 % en los Llanos Colombianos, igualmente superior al hallado por Torres *et al.* (2009) de 0,10 %.

Muñoz *et al.* (2016) encontraron contenidos de fósforo de 0,19 % en *B. brizantha* cv. marandú en una producción ganadera doble propósito con pastoreo alterno en Chiapas, Mexico, valor superior al hallado en esta investigación.

Zarate y Hernández (2015) reportaron porcentajes de fósforo de 0,31 %, en *B. brizantha* cv. marandú, contenido superior al encontrado en este trabajo.

Para *B. decumbens* del presente estudio el contenido de fósforo hallado fue superior al reportado por Narváez y Lascano (1989) de 0,10 % en los Llanos Colombianos y por Homen *et al.* (2010) de 0,17 %, a los 42 días de pastoreo.

Zarate y Hernández (2015) reportaron valores de fósforo de 0,29 % en *B. decumbens*, contenido superior al encontrado en este estudio.

Los métodos de pastoreo mostraron contenido de magnesio para *B. humidicola* superior al reportado por Ciria *et al.* (2005) de 0,16 %, Torres *et al.* (2009) de 0,04 % y Narváez y Lascano (1989) de 0,07 %.

Muñoz *et al.* (2016) encontraron contenidos de magnesio de 0,26 % en *B. humidicola*, en una ganadería doble propósito con pastoreo alterno, valor superior al encontrado en el presente estudio.

Orozco *et al.* (2012) reportaron contenidos de magnesio en *B. humidicola* de 0,13 % a los 40 días de pastoreo, en el departamento del Meta, Colombia, contenido sensiblemente inferior al encontrado en el presente estudio.

El contenido de magnesio de este estudio, para *B. brizantha* cv. marandú fue superior al reportado por Torres *et al.* (2009) de 0,02 % contrario al reportado por Zarate y Hernández (2015) de 0,33 % valor superior al encontrado en esta investigación.

Para *B. decumbens* del presente estudio, el contenido de magnesio encontrado fue similar al reportado por Sánchez (2007) de 0,25 %, diferente a lo encontrado por Vieyra *et al.* (2013) de 0,04 % en sistemas de producción doble propósito distribuidas en las Llanuras Costeras del Golfo Norte, México, los contenidos son sensiblemente inferiores a los hallados en este estudio.

Igualmente Zarate y Hernández (2015) reportaron contenidos de magnesio de 0,21 % en *B. decumbens*, valor inferior al encontrado en este estudio.

Rincón (2006) reportó contenidos de magnesio en *B. decumbens* en el piedemonte de los Llanos Colombianos de 0,28 %, superior al de esta investigación.



Las diferencias en las concentraciones de minerales de los forrajes, entre estudios pueden corresponder a las concentraciones de minerales en los suelos, manejo de pasturas y variaciones climáticas (Muñoz *et al.*, 2016).

Los requerimientos nutricionales de minerales para bovinos machos de ceba de 400 kg de peso vivo presentados por la NRC (2000) son, calcio 0,27 %, fósforo 0,15 %, magnesio 0,10 %. El método de pastoreo de *B. humidicola*, con ganancia diaria de peso de 643,4 g/animal/día, no cubre los requerimientos de Ca, pero si cubre los requerimientos de P y Mg.

*B. brizantha* cv. marandú con ganancia de peso de 660 g/animal/día, no cubre los requerimientos de Ca, pero si cubre los requerimientos de P y Mg.

*B. decumbens*, con ganancia de peso de 784 g/animal/día, no cubre los requerimientos de Ca, pero si cubre los requerimientos de P y Mg.

Los métodos de pastoreo del presente estudio presentan deficiencias marcadas en calcio al igual que fósforo, sumado a esto los minerales en forrajes, la eficiencia de absorción es del 30 y 64 %. Los pastos del género *Brachiaria* la concentración foliar de Ca y P no alcanza a cubrir los requerimientos, para el ganado de ceba (Flórez y Rincón, 2013). El contenido de Mg de los métodos de pastoreo, cubre los requerimientos para el ganado de carne, pero se debe tener en cuenta que la eficiencia de absorción es muy baja de 16 %, al igual que las altas concentraciones de K el cual interfiere en la absorción del Mg (Flórez, 2013).

De lo anterior, se recomienda corrección de minerales con sales mineralizadas para los métodos de pastoreo intensivo rotacional evaluados en el presente estudio.

## **6.2 INDICADORES BIOLOGICOS DEL SUELO**

El suelo es un importante reservorio de carbono, lo captura a través de los aportes de materia orgánica proveniente de las plantas y de los microorganismos, almacena el 70% del carbono orgánico del planeta (Morales *et al.*, 2017).

El contenido de materia orgánica del suelo (MOS), del método de pastoreo uno fue menor comparado con el contenido de MOS del método de pastoreo dos y tres. Esta mayor deposición de materia orgánica, contribuye a modificar las características físicas del suelo como su estructura (Ledesma, 2002).

Resultados similares a los de esta investigación reportaron Molina *et al.* (2003), donde determinaron contenido de materia orgánica en suelos franco arcillosos de 2,4 % y franco arenosos de 1,9 % en sabanas nativas e intervenidas con labranza en los Llanos orientales, igualmente Rincón (2006) reportó contenido de MOS de 2,4 % en un estudio de caracterización de suelos de sabanas del Meta y Casanare.

El contenido de carbono orgánico del suelo (COS) de los métodos de pastoreo, en el primer muestreo fue de 1,93 %, en el segundo muestreo a los 40 días fue de 0,83 % y el tercer muestreo a los 80 días fue de 0,80%, igualmente se comportó MOS demostrando que las áreas destinadas a pastoreo en monocultivo, disminuye el porcentaje de MOS y COS al paso del tiempo, esto concuerda con lo reportado por Sánchez *et al.* (1989) que el constante pisoteo de los bovinos en pastoreo presenta correlación negativa con los contenidos de materia orgánica y microorganismos del suelo.

Resultados similares de carbono orgánico reportaron Morales *et al.* (2017), en tres tipos de suelo, naturalizado de 1,74 %, mejorado a sistemas ganaderos de 2,06 % y silvopastoril de 1,84 %, en el Valle del Patía, Cauca, Colombia.

La fracción orgánica del suelo regula procesos químicos, influye en las características físicas y es el centro de casi toda su actividad biológica. La materia orgánica y el nitrógeno total en suelo (NTS) son dos propiedades fundamentales para evaluar fertilidad Jarquín *et al.* (2011).

El contenido de nitrógeno total en suelo de los métodos de pastoreo, en el primer muestreo fue de 0,17 %, el segundo muestreo a los 40 días fue de 0,07 %, el tercer muestreo a los 80 días fue de 0,07 %, esta disminución se debe a procesos de volatilización, lixiviación y desnitrificación (Rincón y Gutiérrez, 2012).

Contenidos similares reportaron (Jarquín *et al.* (2011), en la caracterización de suelos tropicales, reportando 0,12 % de nitrógeno total en suelo. Sin embargo la mayor parte del nitrógeno removido por los herbívoros, 85 % es devuelto al suelo en las heces y orina, de forma heterogénea que puede afectar la disponibilidad de este mineral para las plantas y microorganismos del suelo (Semmartin, 2014).

La ventaja de los métodos de pastoreo es el tamaño de los potreros que juega un papel importante en el ciclaje de nutrientes del suelo (Sorio, 2012), debido a la mayor concentración de heces y orina por parte de los animales que pastan.

La actividad enzimática es una de las características más dinámicas del suelo, ya que responde rápidamente a cambios en las prácticas de manejo dentro de un sistema (Rodríguez *et al.*, 2013).

Sobre la actividad ureasa encontrada en el suelo de los métodos de pastoreo, la media general de actividad ureasa entre métodos de pastoreo fue de 25,33  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ . Juan *et al.* (2009) reportaron que la humedad afecta la cinética de la enzima ureasa en el suelo, lo que puede explicar la disminución de la actividad ureasa en este estudio, afectada por la época de lluvia durante el desarrollo de la etapa experimental. Núñez *et al.* (2012) encontraron en primavera e invierno menor actividad ureasa que otoño y verano, donde las temperaturas del suelo fueron más altas.

Rodríguez *et al.* (2013) reportaron actividad ureasa en sabanas del Sur-Oriente de Guárico, Venezuela, bajo tres tipos de cobertura vegetal, *Brachiaria dictyoneura* de 17,5  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , *Centrosema macrocarpum* de 25,2  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$  y Sabana

natural de 10,5  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , en época de floración, actividad enzimática, similar a la encontrada en el presente estudio.

Núñez *et al.* (2012) evaluaron la dinámica de la enzima ureasa en dos tipos de pastoreo, intensivo y suave y un control sin pastoreo, 42  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , 42,5  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$  y 58  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$  respectivamente. Valores de actividad ureasa superiores a los encontrados en el presente estudio, mostrando mayor actividad enzimática el suelo sin pastoreo.

Yong-Zhong *et al.* (2005) reportaron que el pastoreo continuo muestra actividad ureasa de 11,3  $\mu\text{mol NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ , en Mongolia, China. Actividad ureasa sensiblemente inferior a la hallada en el presente estudio, además menciona que el pastoreo continuo, produce disminución de la cobertura del suelo, esto acelera la erosión debido al viento y provoca mayor aspereza en la superficie del suelo, pérdida de C y N y una disminución de las propiedades biológicas.

Singh y Rai, (2004) expresan que la mayor actividad enzimática en el suelo se produce con pastoreos moderados en comparación a pastoreos intensivos o continuos. Igualmente trabajos realizados por Acosta *et al.* (2007) comparando suelos de textura franca, encontraron que la población microbiana y la actividad enzimática son más elevadas en suelos nativos o bajo pasturas, que en sistemas agrícolas con diferentes rotaciones de cultivos.

### **6.3 BALANCE ECONOMICO DE LOS MÉTODOS DE PASTOREO**

El balance económico de los métodos de pastoreo, demuestra que *B. decumbens* fue el de mejor porcentaje de rentabilidad 2,9%, lo que explica que por cada \$1.000.000 pesos invertidos, el ganadero recibe de ganancias \$ 29.000 pesos mensuales, *B. brizantha* cv marandú 1,9% mensual y *B. humidicola* 1,7% mensual.

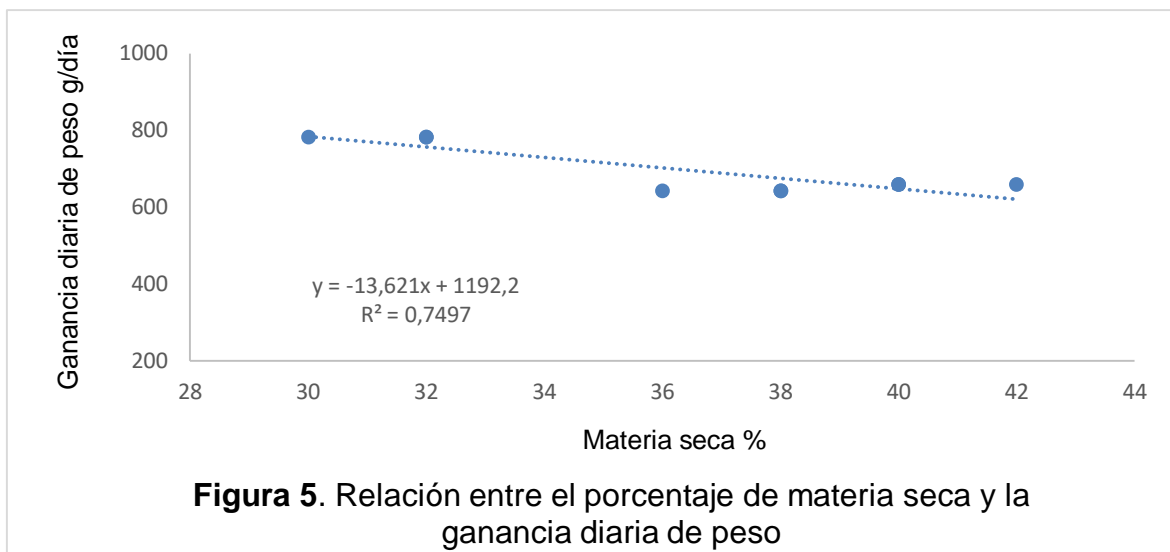
La rentabilidad de cada método de pastoreo mejora si se ajusta la carga animal a la disponibilidad de forraje. La cual no se tuvo en cuenta en este estudio, debido a que se utilizaron igual número de animales en cada método de pastoreo, sin ajustar la carga animal a la biomasa disponible.

#### **6.4 CORRELACIÓN Y REGRESION**

En el componente suelo, ninguna variable presentó correlación significativa con la ganancia de peso/día.

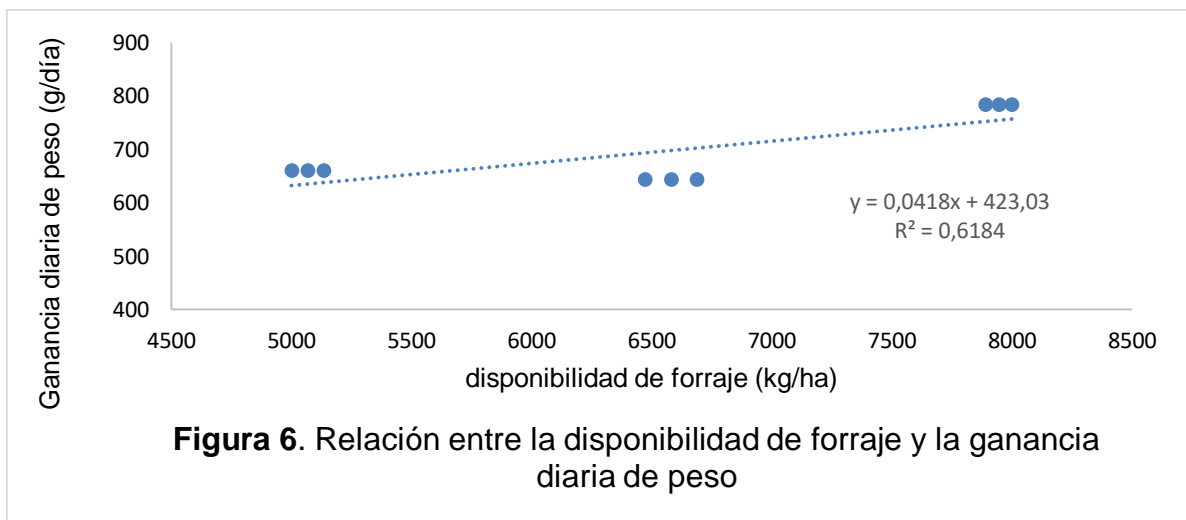
El componente forraje disponible presentó correlación significativa inversa con materia seca y directa con disponibilidad de forraje. En calidad de forraje, la más alta correlación significativa de ganancia de peso/día fue con fibra en detergente neutro (%), seguida de fibra en detergente ácida (%) y proteína cruda (%). El componente de minerales en forraje, presentó significativa correlación de Calcio %, Fósforo % y Magnesio % con ganancia de peso diaria.

El modelo de regresión lineal, muestra que el contenido de materia seca de los pastos, correlaciona ( $r = -0,87$ ) de forma lineal, negativa y altamente significativa ( $p < 0,01$ ) sobre la ganancia diaria de peso, lo que indica que a mayor porcentaje de materia seca, la ganancia diaria de peso no aumenta, esto puede deberse al estado de madurez de la planta, aumento de las fibras y disminución de los nutrientes solubles y digestibilidad. La figura 5 presenta la relación del contenido de materia seca de los pastos con la ganancia diaria de peso.



Ball *et al.* (2001) afirma que los tejidos vegetales inmaduros y frondosos pueden digerirse de 80 a 90%, mientras que los maduros con alto porcentaje de materia seca, menos de 50 % del material se puede digerir, disminuyendo el consumo de forraje y afectando el rendimiento productivo.

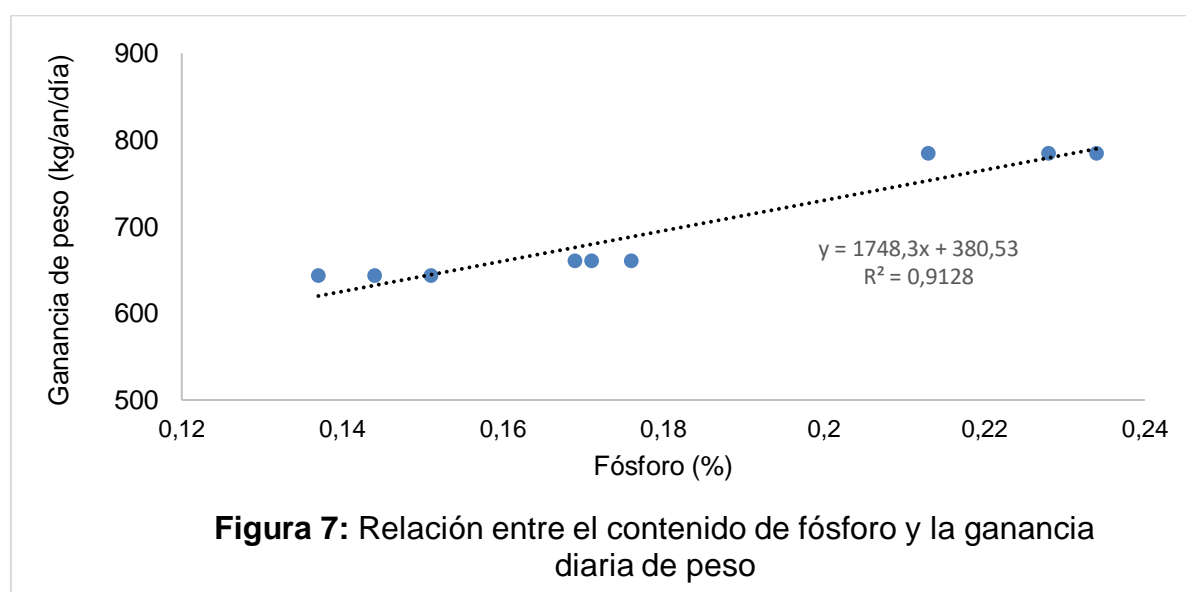
El modelo de regresión lineal múltiple, muestra alto grado de asociación entre las variables de mayor correlación en disponibilidad y calidad de forraje, lo cual gráficamente puede ser explicado por la variable disponibilidad de forraje/ha, y contenido de fósforo (figura 6).



Bailey y Brown (2011) aseguran que para que un bovino, alcance altos niveles de producción, estos deben seleccionar plantas con suficiente biomasa para mantener el tamaño de la mordida y la ingesta diaria total de forraje.

Los recursos nutricionales basales consisten en cualquier tipo de recurso disponibles en el sistema de producción que pueda proporcionar nutrientes, sin la introducción de recursos externos, como concentrados, el pasto es el principal recurso nutricional para la producción animal en los trópicos, si no se puede garantizar este requisito, la eficiencia productiva será baja (Detmann *et al.*, 2014)

Haro (2002) Señala que la cantidad de forraje consumido es el factor más importante que regula la producción de rumiantes, depende más la cantidad consumida que la composición química. Sin embargo la cantidad de forraje debe ir acompañada de la calidad, debido a que las limitaciones intrínsecas del forraje de baja calidad son inherentes al crecimiento microbiano en el rumen.



Luego del calcio, el fósforo es el mineral más abundante del organismo, el 80% del fósforo se encuentra en huesos y dientes, el 20% restante permanece distribuido en

los tejidos blandos y fluidos corporales. El fósforo es esencial para el animal como para los microorganismos del rumen, su importancia en la producción y reproducción y su grado de deficiencia a nivel mundial lo hace el mineral más importante a considerar en rumiantes a pastoreo (Ternouth, 1990).

Los requerimientos de calcio y fósforo aumentan a medida que aumenta la ganancia diaria de peso y disminuye a medida que el animal tiene mayor peso corporal (Flórez, 2012), esto quiere decir que para una misma ganancia diaria de peso los requerimientos son mayores para animales en levante que en ceba.

Las deficiencias minerales afecta negativamente el crecimiento microbiano en el rumen. Pero pueden evitarse mediante la corrección de minerales con sales mineralizadas, (Detmann *et al.*, 2014).

## 7. CONCLUSIONES

El método de pastoreo rotacional con *B. decumbens* fue el de mayor producción de forraje tanto fresco como en materia seca, de igual forma presento mejor calidad nutricional, en comparación con los otros métodos de pastoreo, mayor contenido de proteína cruda, minerales, fibra en detergente neutra y fibra en detergente ácida, sin embargo la ganancia de peso diaria fue similar en todos los métodos de pastoreo.

La actividad ureasa, presentó un ritmo decreciente en función del tiempo (intervalos de muestreo de 40 días) se requiere de generar más investigación en este campo tanto en suelos en restauración pasiva como en suelo destinados a pastoreo y con periodos de tiempo más largos.

La disponibilidad de forraje, fibra en detergente neutra, fibra en detergente ácida, proteína cruda, calcio, fósforo y magnesio, fueron las variables de mayor correlación con la ganancia de peso diaria.



El porcentaje de materia seca fue la variable que presento asociación negativa sobre la ganancia de peso diaria.

El análisis económico en base al capital invertido y costos operacionales frente a los ingresos, de los tres métodos de pastoreo rotacional mostró los mejores resultados en *Brachiria decumbens*, seguido de *B. brizantha* y en último lugar el *B. humidicola*.

## 8. RECOMENDACIONES

Es de recomendar la implementación de modelos de sistemas de pastoreo rotacional en los Llanos orientales ajustados a las diferentes especies de gramíneas que se adaptan, en general las gramíneas evaluadas en este estudio bajo métodos de pastoreo rotacional, presentaron buenos resultados de producción de forraje y calidad nutricional, a pesar de no existir diferencias estadísticas en ganancia de peso animal, conjuntamente estos modelos mejoran el amansamiento animal lo que contribuye a un mejor manejo y mejoramiento de indicadores de producción.

En la actividad ureasa, el *B. brizantha* cv. marandú presentó mejor actividad ureasa, de igual forma mayor contenido de materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total en suelo, mejorando las características microbiológicas del suelo para el desarrollo de pasturas con buenos contenidos nutricionales y mayor producción de carne bovina.

Faltarían más estudios sobre actividad ureasa en suelos destinados a pastoreo, para poder afirmar con mayor confianza si el pastoreo y que tipo de pastoreo aumenta o disminuye la actividad microbiológica del suelo.

La rentabilidad de los métodos de pastoreo puede variar dependiendo del ajuste de la carga animal, el *B. humidicola* puede presentar mejores ingresos al productor si se ajusta la carga animal con respecto a las disponibilidad de forraje.

## 9. BIBLIOGRAFIA

AOAC- 2001. Asociación internacional de Químicos Analíticos Oficiales. Method official, 2001.

Acosta-Martinez V., Cruz L., Sotomayor-Ramirez D., Pérez-Alegría L. 2007. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. applied soil ecology. 35: 35-45.

Arcesio Salamanca C. 2013. Evaluación de indicadores de producción de toros cruzados cebados en el Departamento de Arauca, Colombia. Zootecnia Tropical. 31: 165-170.

Bailey D. W., Brown J. R. 2011. Rotational grazing systems and livestock grazing behavior in shrub-dominated semi-arid and arid rangelands. Rangeland Ecology & Management. 64: 1-9.

Bajsa N. 2008. Efecto del pastoreo bovino sobre la comunidad bacteriana en un suelo de pradera natural. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Magíster en Ciencias Ambientales. Universidad de la Republica., Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay.

Balseca D. G., Cienfuegos E. G., López H. B., Guevara H. P., Martínez J. C. 2015. Nutritional value of Brachiarias and forage legumes in the humid tropics of Ecuador. Ciencia e Investigación Agraria. 42: 57-63.

Bardgett R., Leemans D., Cook R., Hobbs P. 1997. Seasonality of the soil biota of grazed and ungrazed hill grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*. 29: 1285-1294.

Baum C., Leinweber P., Schlichting A. 2003. Effects of chemical conditions in rewetted peats on temporal variation in microbial biomass and acid phosphatase activity within the growing season. *Applied Soil Ecology*. 22: 167-174.

Boari, R., Chuard, N., Fernández, V., & Pouiller, P. 2016. Mercado de ganados y carnes. *Proyecciones 2023*. OCDE-FAO 2014.

Bravo A., Leivis C. 2013. Empleo de la altura del pasto para determinar el ingreso y salida de animales en sistemas intensivos de pastoreo rotativo. *Manejo de pastos y forrajes tropicales*, p. 43.

Calsamiglia S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de Especialización FEDN, Madrid.

Carulla J., Cárdenas E., Sánchez N., Riveros C. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Seminario Nacional de Lechería Especializada: "Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad". Medellín, septiembre. 1: 21-38.

Cardona M. G., Sorza J. D., Posada S. L., Carmona J. C., Ayala S. A., Álvarez O. L. 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 15: 240-246.

Castillo Á. R., Moreno G. A. L., Garay E. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero Colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 61: 4336.

Carreño A.S. 2014. Evaluación de Indicadores de Producción de toros cruzados cebados en el Departamento de Arauca. ZOOTECNIA TROPICAL. 31: 165-170.

Cevallos J. H. A., Garaicoa D. R., Mendoza E. P., Guerra I. E., Valdez O. D. M., Murillo R. L., Montes S. Z., Guerrero F. C., Zamora J. G. Q., Ruiz J. V. 2008. Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. Ciencia y Tecnología. 1: 87-94.

Ciria J., Villanueva R., García J. 2005. Avances en nutrición mineral en ganado bovino. IX seminario de pastos y forrajes. 50-69.

Cookson W., Osman M., Marschner P., Abaye D., Clark I., Murphy D., Stockdale E., Watson C. 2007. Controls on soil nitrogen cycling and microbial community composition across land use and incubation temperature. Soil Biology and Biochemistry. 39: 744-756.

Cuadrado H., Torregroza L., Jiménez N. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *brachiaria*. Revista de mvz-córdoba; 9:(2), 438-443.

Cuadrado C., Torregroza S., Garcés J. 2005. Producción de carne con machos de ceba en pastoreo de pasto *Híbrido mulato* y *Brachiaria decumbens* en el Valle del Sinú. Revista MVZ Córdoba. 10: 573-580.

Chacón C. A. 2005. Evaluación de pasturas de *Brachiaria humidicola* sola y en asociación con *Desmodium ovalifolium*, en sistemas de pastoreo rotativo, al norte del Estado Táchira. IX Seminario de Pastos y Forrajes. AVPA, Venezuela. 138.

Cruz López P. I., Hernández Garay A., Enríquez Quiroz J. F., Mendoza Pedroza S. I., Quero Carrillo A. R., Joaquín Torres B. M. 2011. Desempeño agronómico de

genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en el trópico húmedo de México. Revista fitotecnia mexicana. 34: 123-131.

Cruz C., Sánchez González J. M. 2013. La fibra en la alimentación del ganado lechero. Nutrición Animal Tropical Vol. 6 Núm. 1.

Departamento de Arauca. 2012. [10 de junio de 2015]. URL: <http://www.todacolombia.com>

Detmann E., Paulino M., Valadares Filho S., Batista E., Rufino L. 2014. Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos. Anais do IX Simpósio de Produção de Gado de Corte e V Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte'. (Eds SC Valadares Filho, MF Paulino, ML Chizzotti) pp. 239-267.

Doran J.W., Zeiss M.R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology. 15: 3-11.

Echávarri V. 2013. Carne bovina. Oficina de estudios y políticas agrarias, ODEPA. 2-10.

FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. 2009. Estado mundial de la agricultura y la alimentación. La ganadería, a examen 2009. Roma, París.

FEDEGAN - Federación nacional de ganaderos. 2018. Estadísticas. 2018. Bogotá, Colombia.

Fernández A. 2009. Sistema de información de la oferta agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola encuesta nacional agropecuaria.

Feria A., Valdés G., Martín P., González M.E. 2002. Evaluación de tres métodos de pastoreo para la ceba bovina Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 36, núm. 3, 2002, pp. 225-230 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 36: 225-230.

Ferreras L., Toresani S., Bonel B., Fernández E., Bacigaluppo S., Faggioli V., Beltrán C. 2009. Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos. Ciencia del suelo. 27: 103-114.

Fulkerson W., Donaghy D. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence-key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture. 41: 261-275.

Flórez H., Rincón Á. 2013. Sistemas integrados: agrícola - ganadero - forestal, para el desarrollo de la Orinoquia Colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica CI, La Libertad, Villavicencio, Meta. Colombia 110 pp.

Franco Quintero L.H., Calero Quintero D., Durán Castro C.V. 2005. Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósito. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 32pp.

García F. A. L., Miranda J. A., Borge W. A. C. 2017. Producción y calidad de forraje con enmiendas orgánicas en pastura (*Brachiaria Brizantha*), en la Costa Caribe Sur de Nicaragua. Revista Universitaria del Caribe. 18: 83-90.

García Izquierdo C. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. 1-7 pp.

Gonzalez K. 2018. Como analizar la rentabilidad y productividad de la ganadería. 1-8 pp

Granados J. 2012. Determinación de Actividad ureásica. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente-ECAPMA Programas: Zootecnia , Agronomía e Ingeniería Agroforestal-IA Laboratorio de Bioquímica Metabólica-BM. 8pp.

Haro J. M. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Acta universitaria. 12: 56-63.

Henríquez C, Uribe L, Valenciano A, Nogales R. 2014. Actividad enzimática del suelo – Deshidrogenasa, -glucosidasa, Fosfatasa y Ureasa- bajo diferentes cultivos. Revista Agronomía Costarricense 38(1): 43-54 pp.

Herrera J. R., Botero I. M., Lemos G. D., Sánchez G. V., Rosales R. B. 2015. Composición nutricional y degradabilidad de la materia seca de dietas de sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en Colombia.

Homen M., Entrena I., Arriojas L. 2010. Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. ZOOTECNIA TROPICAL. 28: 115-127.

Hopkins A. 2000. Grass: its production and utilization. British Grassland Society.

Iyyemperumal K., Israel D.W., Shi W. 2007. Soil microbial biomass, activity and potential nitrogen mineralization in a pasture: Impact of stock camping activity. Soil Biology and Biochemistry. 39: 149-157.

Jarquín-Sánchez A., Salgado-García S., Palma-López D. J., Camacho-Chiu W., Guerreto-Peña A. 2011. Análisis de nitrógeno total en suelos tropicales por espectroscopía de infrarojo cercano (NIRS) y quimiometría. Agrociencia. 45: 653-662.

Kirk J.L., Beaudette L.A., Hart M., Moutoglis P., Klironomos J.N., Lee H., Trevors J.T. 2004. Methods of studying soil microbial diversity. *Journal of microbiological methods*. 58: 169-188.

Laboratorio de Bioquímica metabólica-BM. 2012. Profesor Jairo Granados. Determinación de actividad Ureásica (AU). 2012. [20/06/2015] URL: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/352001/BM\\_LAB\\_ACTVIDAD\\_UREASICA.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/352001/BM_LAB_ACTVIDAD_UREASICA.pdf)

Ledesma L. M. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 15: 226-231.

Londoño LF, Álvarez J. 2011. Evaluación de dos sistemas de pastoreo (rotacional y continuo) sobre variables técnicas, productivas y económicas en novillos cebú comercial en el trópico bajo. *Revista Politécnica* 1900-2351

Mahecha L., Gallego L.A., Peláez F.J. 2009. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)*. 15: 213-225.

Rodríguez B., Lozano Z., González P., Rodríguez S., Caballero R. Actividad ureásica como indicador temprano de calidad de un suelo de sabana bajo manejo conservacionista.

Morales V. S., Cotacio E. J., Vivas N. J., Gutiérrez J. F., Albán López N., Peters M., Hincapié B. 2017. Carbono orgánico del suelo en tres sistemas de producción ganadera del Valle del Patía-Colombia.



Molina D. L., Amézquita E., Hoyos P. 2003. Construcción de capas arables en suelos Oxisoles de la Altillanura colombiana. Memorias VII Escuela latinoamericana de física de suelos. La Serena (Chile). 113-117.

Mostacedo B., Fredericksen T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR), pp.

Muñoz J. C., Huerta M., Bueno A., Santos R., de la Rosa Arana J. L. 2016. Producción y calidad nutricional de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

Narváez N., Lascano C. 1989. Digestibilidad in vitro de especies forrajeras tropicales. 1. Comparación de métodos de determinación.

Nuestro Municipio Tame. 2012. [10 de junio de 2015]. URL: <http://www.tame-arauca.gov.co/>

Núñez P.A., Jara A.A., Sandoval Y., Demanet R., Mora M.D.L.L. 2012. Biomasa microbiana y actividad ureasa del suelo en una pradera permanente pastoreada de Chile. Ciencia del suelo. 30: 187-199.

OCDE-FAO - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. 2008. OECD-FAO. Outlook: 2008-2017. Roma, París.

OCDE-FAO Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Perspectivas Agrícolas 2014. Roma, París.

Obispo, N. E., P. Pares, C. Hidalgo, J. Palma y S. Godoy. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovinos de carne en crecimiento suplementados con fuentes proteicas. *Zootecnia Trop.*, 19(3): 423-442.

Ortega C. A., Lemus C., Bugarín J. O., Alejo-Santiago G., Ramos A., Grageola O., Bonilla J. A. 2015. Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los generos *Brachiaria* y *Panicum*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18.

Orozco A. d. J. J., Angulo L. M., Pérez A. P., Ciodaro J. H. 2012. Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 7: 87-98.

Pardo O., Carulla J. E., Hess H. D. 2008. Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 21 (3).

Parga J., Teuber N., Remehue I. 2006. Manejo del pastoreo con vacas lecheras en praderas permanentes. *Boletín Inia*.

Ramírez J., Herrera R., Leonard I., Verdecia D., Álvarez Y. 2010. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Brachiaria brizantha* x *Brachairia ruziziensis* vc. Mulato en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 44: 65 - 72 pp.

Reina C. D., Héctor P. A., Sánchez V. 2012. Implementación del sistema de pastoreo racional Voisin en la finca La Gloria del municipio de Puerto López (Meta). *Rev Sist Prod Agroecol*. 3: 146-169.

Rincón Á. 2005. Ceba de bovinos en pasturas de *Brachiaria decumbes* suplementados con caña de azúcar y *Cratylia argentea*. *Pasturas Tropicales*. 27: 2-12.

Rincón, A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los Llanos Orientales de Colombia.

Rincón L. E. C., Gutiérrez F. A. A. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista colombiana de biotecnología*. 14: 285-295.

Rincón Á., Flórez H., Baquero J. 2012. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA - C.I. La Libertad. Km. 17 Vía Villavicencio – Puerto López, Villavicencio, Meta, Colombia. 164 pp.

Rodríguez G., Patiño P.R., Altahona L., Gil J. 2011. Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferente topografía en un sistema de producción de carne vacuna en Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 3: 47-61.

Rodríguez M. A., Lozano Z., González P., Rodríguez S., Caballero R., Delgado M. 2013. Actividad enzimática como indicador temprano de calidad en un suelo de sabana bajo manejo conservacionista. *Venesuelos*. 21: 21 -31.

Rojas S., Olivares J., Jiménez R., Gutiérrez I., Avilés F. 2011. Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico. *Avances en investigación agropecuaria*. 15:1.

Sánchez P., Castilla C., Y Alegre J. 1989. Grazing pressure effects on the pasture Degradation Process. Documento No. 42511 CIAT. 182 - 187 P.

Sánchez J. M. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela. Consultado en: <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/forrajes>.

Sánchez J. M., Soto H. 2013. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes II. Componentes de la pared celular. *Nutrición Animal Tropical* Vol. 4 Núm. 1.

Segura F., Echeverri R., Patiño LI A. C., Mejía A. I. 2009. Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *Vitae*. 14:1.

Senra A. 2009. Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. *Avances en investigación agropecuaria*. 13:2.

Semmartin M. 2014. Dinámica de la descomposición y la mineralización neta del nitrógeno y del fósforo de heces de vacunos en pastoreo sobre un pastizal templado. *Revista Argentina de Producción Animal*. 26: 193-202.

Singh S. K., Rai J. 2004. Soil microbial population and enzyme activity related to grazing pressure in alpine meadows of Nanda Devi Biosphere Reserve. *Journal of environmental biology*. 25: 103-107.

Sorio, H. 2009. Pastoreio Voisin: teorías - prácticas - vivencias. Passo Fundo: UPF Editora. 242 pp.

Sorio H. 2012. Pastoreo Voisin: teorías - prácticas - vivencias Passo, Fundo: Méritos edira Ltda, Brazil. 298 pp.

Ternouth J. 1990. Phosphorus and beef production in northern Australia. 3. Phosphorus in cattle-a review. *Tropical grasslands*. 24: 159-169.

Torres E. J. C., Rubio E. E. S., Ruelas A. F. C., Baeza Á. O. G., Silva J. H. R. 2009. Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo, México Comparison of the mineral content in forage and soil of grazing areas in the state of Quintana Roo, Mexico. Vet. Méx. 40: 2.

UNNE, Universidad Nacional del Nordeste, 2013, Introducción a la Producción Animal - SISTEMA DE PASTOREO, [Fecha de acceso; 09 Junio 2016], <https://ipafcv.files.wordpress.com/2r011/06/tec3b3rico-18.pdf>.

USDA- Departamento de agricultura de Estados Unidos. Producción de carne con hueso, 2012. EE.UU.

Vieyra R., Domínguez I. A., Olmos G., Martínez J. F., Borquez J. L., Palacio J., Lugo de la Fuente J. A., Morales E. 2013. Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la Huasteca Potosina, México. Agrociencia. 47: 121-133.

Voisin, A. 1963. Productividad de la hierba. Tecnos: Madrid, p. 499.

Yong S., Yu L., Jian C., Wen Z. 2005. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China. Cadena. 59: 267-278.

Zarate F., Hernández T. 2015. Importancia y producción del genero *brachiaria spp.* En el trópico.

## ANEXOS

### **Anexo 1.** Análisis de varianza de ganancia diaria de peso por métodos de pastoreo

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Entre tratamientos	2	146697,309	0,5286	0,591
Dentro de tratamientos	72	277516,359		
Total	74			

GL: grados de libertad

### **Anexo 2.** Análisis de varianza del porcentaje de materia seca y disponibilidad de forraje en los tres métodos de pastoreo.

<i>Variable dependiente</i>	<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Materia seca	Entre tratamientos	134,222	2	67,1111	50,333	0,0001
	Dentro de tratamientos	8	6	1,33333		
	Total	142,22222	8			
Disponibilidad de forraje	Entre tratamientos	23649946,6	2	11824973,3	79,21	0,0000
	Dentro de tratamientos	4030600	27	149281,48		
	Total	27680546,6	29			

**Anexo 3.** Análisis de varianza para indicadores de calidad nutritiva de forrajes de los métodos de pastoreo.

<i><b>Variable dependiente</b></i>	<i><b>Fuente de variación</b></i>	<i><b>Suma de cuadrados</b></i>	<i><b>Grados de libertad</b></i>	<i><b>Cuadrado medio</b></i>	<i><b>F</b></i>	<i><b>P</b></i>
Proteína cruda	Entre tratamientos	43,9636	2	21,9818	8,0730	0,019
	Dentro de tratamientos	16,3372	6	2,7228		
	Total	60,3008	8			
Fibra en detergente neutro	Entre tratamientos	650,8378	2	325,4189	182,48	0,000
	Dentro de tratamientos	693,6355	24	1,7832		
	Total	27680546,6	26			
Fibra en detergente ácido	Entre tratamientos	1013,9403	2	506,9701	16,705	0,000
	Dentro de tratamientos	728,3566	24	30,3481		
	Total	1742,29	26			
Hemicelulosa	Entre tratamientos	40,1336	2	20,0668	0,942	0,403
	Dentro de tratamientos	511,0451	24	21,2935		
	Total	5111,1788	26			

**Anexo 4.** Análisis de varianza para indicadores de calidad mineral de forrajes de los métodos de pastoreo.

<i><b>Variable dependiente</b></i>	<i><b>Fuente de variación</b></i>	<i><b>Suma de cuadrados</b></i>	<i><b>Grados de libertad</b></i>	<i><b>Cuadrado medio</b></i>	<i><b>F</b></i>	<i><b>P</b></i>
Cenizas	Entre tratamientos	28,3416	2	14,1708	41,406	0,0003
	Dentro de tratamientos	2,0534	6	0,3422		
	Total	30,395	8			
Calcio	Entre tratamientos	0,0056	2	0,002847	123,78	0,0000
	Dentro de tratamientos	0,0001	6	0,00002		
	Total	0,0058	8			
Fosforo	Entre tratamientos	0,0101	2	0,0050	85,089	0,0000
	Dentro de tratamientos	0,0003	6	5,9667		
	Total	0,0105	8			
Magnesio	Entre tratamientos	0,0053	2	0,00267	28,712	0,0008
	Dentro de tratamientos	0,0005	6	9,3111		
	Total	0,00590	8			



**Anexo 5.** Análisis de varianza para indicadores de actividad microbiana del suelo en los métodos de pastoreo y en tres periodos de pastoreo.

<i><b>Variable dependiente</b></i>	<i><b>Fuente de variación</b></i>	<i><b>Suma de cuadrados</b></i>	<i><b>Grados de libertad</b></i>	<i><b>Cuadrado medio</b></i>	<i><b>F</b></i>	<i><b>P</b></i>
Actividad ureasa	Periodos	5966,437	8	745,8046	3,2820	0,0205
	Tratamientos	156,2782	2	78,1391	0,3438	0,7141
	Error	3635,817	16	227,2385		
	Total	9758,5328	26			
Materia orgánica	Periodos	7,4172	2	3,7086	204,181	0,0000
	Tratamientos	0,0858	2	0,0429	2,363	0,2100
	Error	0,0726	4	0,0181		
	Total	7,5757	8			
Carbono orgánico	Periodos	2,4955	2	1,2477	204,181	0,0000
	Tratamientos	0,0288	2	2,3636	2,3636	0,2100
	Error	0,0244	4			
	Total	2,5488	8			
Nitrógeno total	Periodos	0,0185	2	0,0092	205,144	0,0000
	Tratamientos	0,0002	2	0,0001	2,4243	0,2043
	Error	0,0001	4	4,5283		
	Total	0,0189	8			